



มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
Nakhon Pathom Rajabhat University

Lecture 2 ตัวเก็บประจุ ตัวเหนี่ยวนำ และหม้อแปลงไฟฟ้าพื้นฐาน (Basic capacitor inductor and transformer)

Thawatchai Thongleam

Program in Electrical Engineering

Faculty of Science and Technology

Nakhon Pathom Rajabhat University

หัวข้อที่นำเสนอ (Outline)

- บทนำ (Introduction)
- ตัวเก็บประจุ (Capacitors)
- ตัวเหนี่ยวนำ (Inductors)
- หม้อแปลงไฟฟ้า (Transformers)
- สรุป
- แบบฝึกหัด

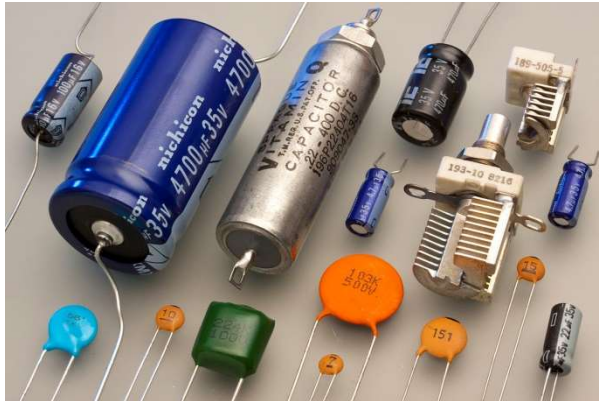
2.1 บทนำ (Introduction)



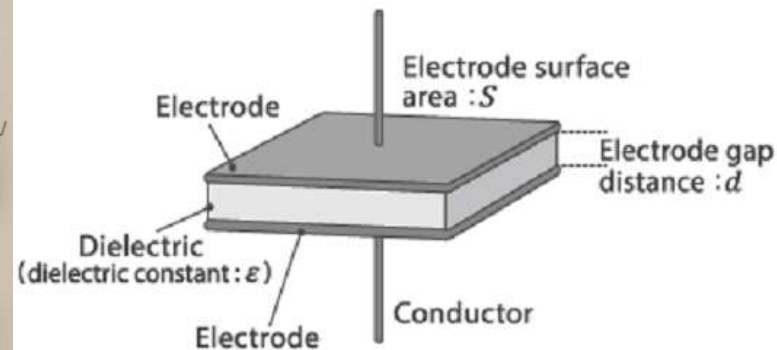
ภาพที่ 2.1 แหล่งจ่ายไฟเลี้ยงแบบปรับค่าได้

2.2 ตัวเก็บประจุ (Capacitor)

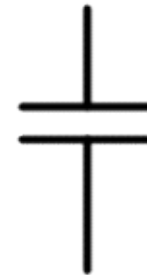
- ตัวเก็บประจุ (Capacitor) คืออุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บประจุ (Charge) และคายประจุ (Discharge) ได้ นิยมนำมาออกแบบใช้ในวงจรทางด้านไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์ เช่น วงจรกรองกระแส (Filter) วงจรผ่านสัญญาณ (By-pass) วงจรถ่ายทอดสัญญาณ (Coupling) ฯลฯ เป็นต้น



(ก)

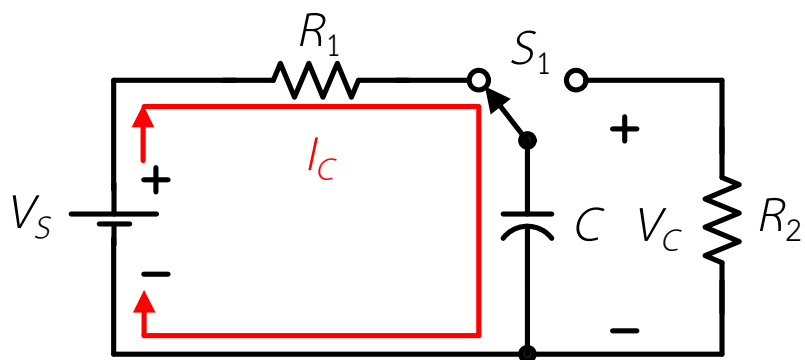


(ข)

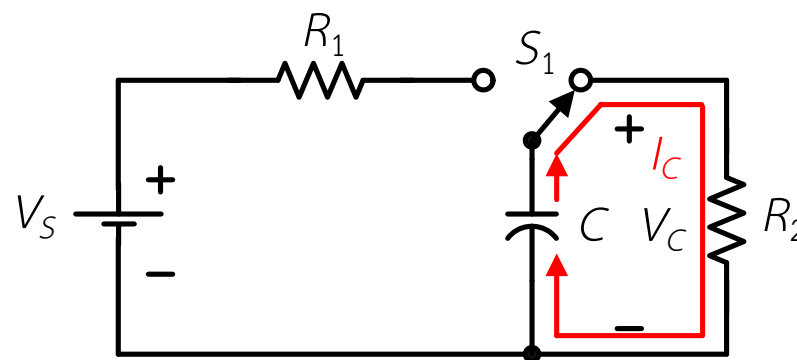


(ค)

ภาพที่ 2.2 (ก) รูปร่าง (ข) โครงสร้าง และ (ค) สัญลักษณ์



(ก)



(ข)

ภาพที่ 2.3 (ก) วงจรชาร์ตประจุ และ (ข) วงจรคายประจุ

- ค่าความจุของตัวเก็บประจุสามารถเขียนได้ว่า

$$C = \frac{\epsilon_r \epsilon_0 A}{d}$$

- เมื่อ C คือ ค่าความจุของตัวเก็บประจุ (ฟารัด)
 - ϵ_r คือ ค่า relative permittivity
 - ϵ_0 คือ ค่า vacuum permittivity (8.85×10^{-12}) (ฟารัด/เมตร)
 - A คือ พื้นที่หน้าตัดของสารตัวนำที่เป็นแผ่นเพลท (ตารางเมตร)
 - d คือ ระยะห่างระหว่างแผ่นเพลท (เมตร)

ตารางที่ 2.1 ค่าคงที่ไดอิเล็กตริกของวัสดุชนิดต่าง ๆ

วัสดุ (Material)	ค่าคงที่ไดอิเล็กตริก (Relative permittivity; ϵ_r)	วัสดุ (Material)	ค่าคงที่ไดอิเล็กตริก (Relative permittivity; ϵ_r)
Air	1.0006	Mica	5.6 – 8
Aluminum Oxide	8.5	Paper	3.85
Barium Strontium Titanate	500	Polyester PET	3.3
Ceramic porcelain	4.5 – 6.7	Polypropylene	2.25
Glass	3.7 – 10	Tantalum Oxide	27.7

ตัวอย่างที่ 2.1 กำหนดให้ตัวเก็บประจุมี พื้นที่หน้าตัดของสารตัวนำที่เป็นแผ่น
เพลทเท่ากับ 10 mm^2 วางห่างกัน 1 mm และมีวัสดุเซรามิกเป็นตัวกลาง จง
ค่าความจุของตัวเก็บประจุ

- วิธีทำ ค่าความจุของตัวเก็บประจุเขียนได้ว่า

$$C = \frac{\epsilon_r \epsilon_o A}{d}$$

- แทนค่า ϵ_r ϵ_o A และ d ค่าความจุมีค่าเท่ากับ

$$C = \frac{4.5 \times 8.85 \times 10^{-12} \times 10 \text{ mm}^2}{1 \text{ mm}} = 4.5 \text{ pF}$$

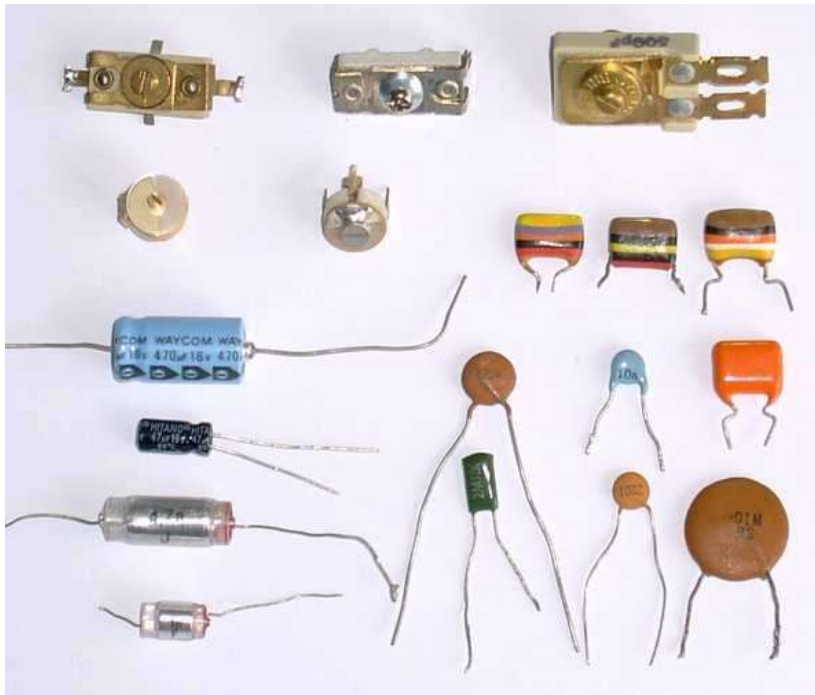
- $C = 4.5 \text{ pF}$

2.2.1 ชนิดของตัวเก็บประจุ

- ตัวเก็บประจุแบบค่าคงที่ (Fixed capacitor)
- ตัวเก็บประจุแบบปรับค่าได้ (Variable capacitor)
- ตัวเก็บประจุแบบเลือกค่าได้ (Select capacitor)

2.2.1 ชนิดของตัวเก็บประจุ

2.2.1.1 ตัวเก็บประจุแบบค่าคงที่



ภาพที่ 2.4 ตัวเก็บประจุแบบค่าคงที่

- ตัวเก็บประจุแบบค่าคงที่ (Fixed capacitor) คือตัวเก็บประจุที่ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงค่าได้ดังแสดงในภาพที่ 2.4
- ค่าตัวเก็บประจุจะแสดงค่าคงที่ เช่น 5 พิโกฟารัด (pF) 10 ไมโครฟารัด (μF)

2.2.1 ชนิดของตัวเก็บประจุ

2.2.1.1.1 ตัวเก็บประจุชนิดอิเล็กโทรไลต์



ภาพที่ 2.5 ตัวเก็บประจุชนิดอิเล็กโทรไลต์

- ภาพที่ 2.5 แสดงตัวเก็บประจุชนิดอิเล็กโทรไลต์ (Electrolyte capacitor)
- ซึ่งใช้วัสดุตรงกลางระหว่างแผ่นเพรทเป็นสารอิเล็กโทรไลต์
- เป็นที่นิยมใช้เพราะให้ค่าความจุสูง มีขั้วบวก และขั้วลบ
- นิยมใช้กับงานความถี่ต่ำหรือใช้สำหรับไฟฟ้ากระแสตรง มีข้อเสีย คือกระแสรั่วไหลและความผิดพลาดสูงมาก

2.2.1 ชนิดของตัวเก็บประจุ

2.2.1.1.2 ตัวเก็บประจุชนิดแทนทาลัมอิเล็กโทรไลต์



ภาพที่ 2.6 ตัวเก็บประจุชนิดแทนทาลัมอิเล็กโทรไลต์

- ตัวเก็บประจุชนิดแทนทาลัมอิเล็กโทรไลต์เป็นตัวเก็บประจุจำพวกเดียวกับชนิดอิเล็กโทรไลต์ มีค่าความจุสูง
- โครงสร้างภายในประกอบด้วยแผ่นตัวนำ ทำมาจากสารแทนทาลัม และแทนทาลัมเปอร์ออกไซด์อีกแผ่น นอกจากนี้ยังมีแมงกานีสไดออกไซด์เงิน และเคลือบด้วยเรซินดังแสดงในภาพที่ 2.6

2.2.1 ชนิดของตัวเก็บประจุ

2.2.1.1.3 ตัวเก็บประจุชนิดไบโพลาร์



ภาพที่ 2.7 ตัวเก็บประจุชนิดไบโพลาร์

- ภาพที่ 2.7 แสดงตัวเก็บประจุชนิดไบโพลาร์ (Bipolar Capacitor) บางครั้งเรียกว่าไบแคป
- ถูกใช้ในวงจรภาคจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง เครื่องขยายเสียง
- ตัวเก็บประจุชนิดไบโพลาร์เป็นตัวเก็บประจุจำพวกเดียวกับชนิดอิเล็กโตรไลต์ แต่ไม่มีขั้วบวก และขั้วลบ

2.2.1 ชนิดของตัวเก็บประจุ

2.2.1.1.4 ตัวเก็บประจุชนิดเซรามิก

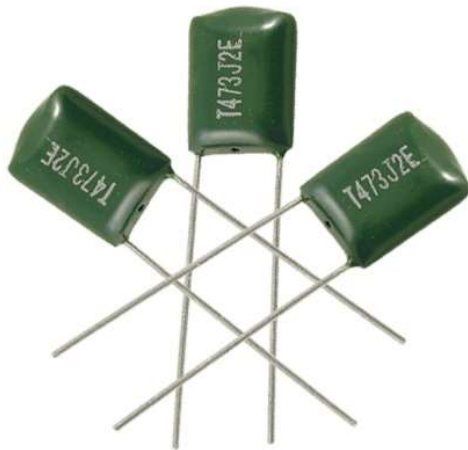


ภาพที่ 2.8 ตัวเก็บประจุชนิดเซรามิก

- ภาพที่ 2.8 แสดงตัวเก็บประจุชนิดเซรามิก (Ceramic Capacitor) เป็นตัวเก็บประจุที่ใช้ตัวกลางเป็นวัสดุเซรามิก
- ค่าความจุไม่เกิน $1 \mu\text{F}$ นิยมใช้ทั่วไป เพราะมีราคาถูก เหมาะสำหรับวงจรประเภทคัปปลิงความถี่วิทยุ
- ข้อเสียของตัวเก็บประจุชนิดเซรามิกตรงที่มีการสูญเสียมาก

2.2.1 ชนิดของตัวเก็บประจุ

2.2.1.1.5 ตัวเก็บประจุชนิดไมลาร์



ภาพที่ 2.9 ตัวเก็บประจุชนิดไมลาร์

- ตัวเก็บประจุชนิดไมลาร์ (Mylar Capacitor) เป็นตัวเก็บประจุที่ตัวเก็บประจุที่ใช้ตัวกลางเป็นวัสดุชนิดไมลาร์ซึ่งมีค่าความจุมากกว่า $1 \mu\text{F}$
- ตัวเก็บประจุชนิดนี้มีเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด และการรั่วไหลของกระแส น้อยกว่าชนิดเซรามิก
- เหมาะสำหรับวงจรกรองความถี่สูง วงจรภาคไอเอฟของวิทยุ โทรทัศน์
- ตัวเก็บประจุชนิดไมลาร์มีตัวถังที่ใหญ่กว่าเซรามิกในอัตราทนแรงดันที่เท่ากัน

2.2.1 ชนิดของตัวเก็บประจุ

2.2.1.1.6 ตัวเก็บประจุชนิดฟีดท루



ภาพที่ 2.10 ตัวเก็บประจุชนิดฟีดท루

- ตัวเก็บประจุชนิดฟีดท루 (Feed-through Capacitor) มีลักษณะโครงสร้างเป็นตัวถังทรงกลมมีขาใช้งานหนึ่งหรือสองขา
- ถูกใช้ในการกรองความถี่รบกวนที่เกิดจากเครื่องยนต์มักใช้ในวิทยุรถยนต์

2.2.1 ชนิดของตัวเก็บประจุ

2.2.1.1.7 ตัวเก็บประจุชนิดโพลีสไตรีน



ภาพที่ 2.11 ตัวเก็บประจุชนิดโพลีสไตรีน

- ตัวเก็บประจุชนิดโพลีสไตรีน (Polystyrene Capacitor) เป็นตัวเก็บประจุที่มีค่าน้อยระดับนาโนฟารัด (nF)
- ข้อดี คือให้ค่าการสูญเสีย และกระแสรั่วไหลน้อยมาก
- นิยมใช้ในงานคัปปลิงความถี่วิทยุ และวงจรจูนที่ต้องการความละเอียดสูง จัดเป็นตัวเก็บประจุนับระดับเกรด A

2.2.1 ชนิดของตัวเก็บประจุ

2.2.1.1.8 ตัวเก็บประจุชนิดซิลเวอร์ไมก้า

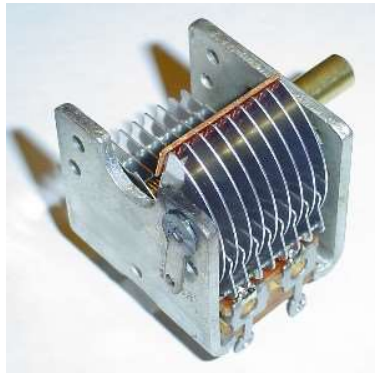


- ตัวเก็บประจุชนิดซิลเวอร์ไมก้า (Silver Mica Capacitor) เป็นตัวเก็บประจุที่มีค่า 10 pF ถึง 10 nF
- เปอร์เซนต์ความผิดพลาดน้อย นิยมใช้กับวงจรความถี่สูง จัดเป็นตัวเก็บประจุนับระดับเกรด A อีกชนิดหนึ่ง

ภาพที่ 2.12 ตัวเก็บประจุชนิดซิลเวอร์ไมก้า

2.2.1 ชนิดของตัวเก็บประจุ

2.2.1.2 ตัวเก็บประจุแบบปรับค่าได้



ภาพที่ 2.13 ตัวเก็บประจุแบบปรับค่าได้

- ตัวเก็บประจุแบบปรับค่าได้ (Variable Capacitor) คือตัวเก็บประจุที่สามารถปรับเปลี่ยนค่าได้
- โครงสร้างภายในประกอบด้วย แผ่นโลหะ 2 แผ่น หรือมากกว่าวางใกล้กัน แผ่นหนึ่งจะอยู่กับที่ส่วนอีกแผ่นหนึ่งจะเคลื่อนที่ได้
- ไดอิเล็กทริกที่ใช้มีหลายชนิดด้วยกันคือ อากาศ ไมก้า เซรามิก และพลาสติก เป็นต้น

2.2.1 ชนิดของตัวเก็บประจุ

2.2.1.3 ตัวเก็บประจุแบบเลือกค่าได้

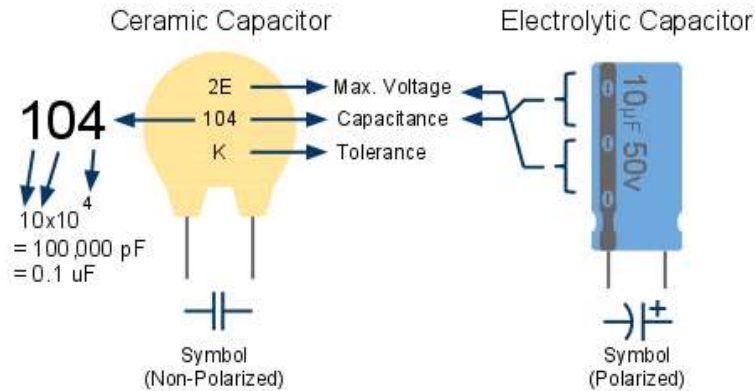


- ตัวเก็บประจุแบบเลือกค่าได้ (Select Capacitor) คือตัวเก็บประจุในตัวถังเดียว แต่มีค่าให้เลือกใช้งานมากกว่าหนึ่งค่าดังแสดงในภาพที่ 2.14

ภาพที่ 2.14 ตัวเก็บประจุแบบปรับค่าได้

2.2.2 การอ่านค่าความจุ

Capacitors



Max. Operating Voltage

Code	Max. Voltage
1H	50V
2A	100V
2T	150V
2D	200V
2E	250V
2G	400V
2J	630V

Capacitance Conversion Values

Microfarads (μF)	Nanofarads (nF)	Picofarads (pF)
0.000001 μF	0.001 nF	1 pF
0.00001 μF	0.01 nF	10 pF
0.0001 μF	0.1 nF	100 pF
0.001 μF	1 nF	1,000 pF
0.01 μF	10 nF	10,000 pF
0.1 μF	100 nF	100,000 pF
1 μF	1,000 nF	1,000,000 pF
10 μF	10,000 nF	10,000,000 pF
100 μF	100,000 nF	100,000,000 pF

Tolerance

Code	Percentage
B	$\pm 0.1 \text{ pF}$
C	$\pm 0.25 \text{ pF}$
D	$\pm 0.5 \text{ pF}$
F	$\pm 1\%$
G	$\pm 2\%$
H	$\pm 3\%$
J	$\pm 5\%$
K	$\pm 10\%$
M	$\pm 20\%$
Z	+80%, -20%

ตัวอย่างที่ 2.2 จงอ่านค่าความจุของตัวเก็บประจุต่อไปนี้



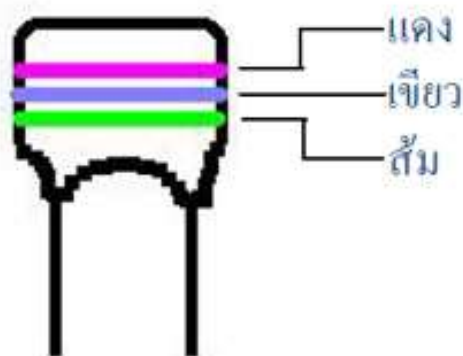
ทนแรงดันเท่ากับ 100 V
ค่าความจุเท่ากับ 15 pF
ค่าความผิดพลาดเท่ากับ 5%

ภาพที่ 2.15 ตัวเก็บประจุ

2.2.2 การอ่านค่าความจุ

- ในกรณีที่ตัวเก็บประจุแสดงค่าเป็นแถบสีนิยมใช้กับตัวเก็บประจุชนิดแทนทาลัมซึ่งจะมีแบบ 3 แถบสี และ 5 แถบสี วิธีการอ่านก็จะคล้าย ๆ กับการอ่านค่าแถบสีของตัวต้านทาน

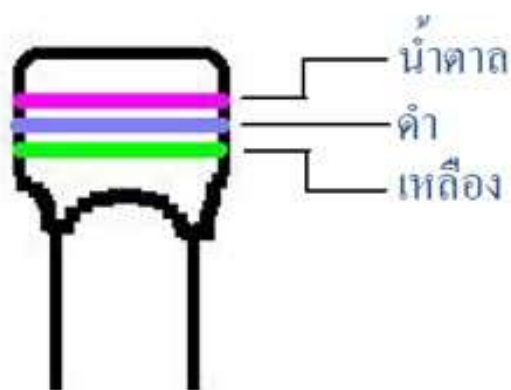
ตัวอย่างที่ 2.3 จงหาค่าความจุต่อไปนี้



แถบที่ 1 สีแดงมีค่าเท่ากับ 2
 แถบที่ 2 สีเขียวมีค่าเท่ากับ 5
 แถบที่ 3 สีส้มมีค่าเท่ากับ 3
 สีที่ 1 และสีที่ 2 เป็นตัวตั้ง
 สีที่ 3 เป็นตัวคูณ หรือตัวเต็มศูนย์
 อ่านค่าได้ 25,000 พิโกฟารัด

ภาพที่ 2.16 ตัวเก็บประจุอ่านค่าแถบสี

ตัวอย่างที่ 2.4 จงหาค่าความจุต่อไปนี้



แถบที่ 1 สีน้ำตาลมีค่าเท่ากับ 1

แถบที่ 2 สีดำมีค่าเท่ากับ 0

แถบที่ 3 สีเหลืองมีค่าเท่ากับ 4

สีที่ 1 และสีที่ 2 เป็นตัวตั้ง

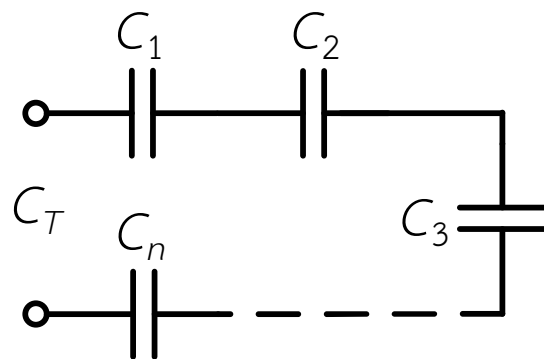
สีที่ 3 เป็นตัวคูณ หรือตัวเติมศูนย์

อ่านค่าได้ 100,000 พิโกฟารัด

ภาพที่ 2.17 ตัวเก็บประจุอ่านค่าแถบสี

2.2.3 วงจรตัวเก็บประจุ

2.2.3.1 วงจรอนุกรม



ภาพที่ 2.18 ตัวเก็บประจุต่อลักษณะอนุกรม

$$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots + \frac{1}{C_n}$$

ตัวอย่างที่ 2.5 ภาพที่ 2.18 แสดงวงจรตัวเก็บประจุต่ออนุกรม กำหนดให้ $C_1 = 60 \mu\text{F}$ $C_2 = 30 \mu\text{F}$ และ $C_3 = 20 \mu\text{F}$ จงหาค่าความจุรวม

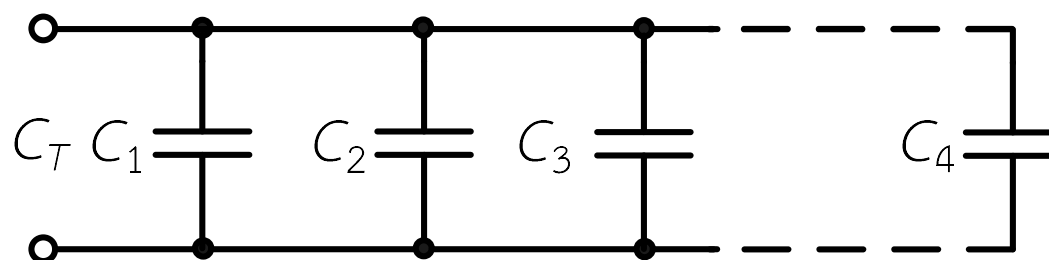
$$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

$$= \frac{1}{60} + \frac{1}{30} + \frac{1}{20} = \frac{6}{60}$$

$$C_T = 10 \mu\text{F}$$

2.2.3 วงจรตัวเก็บประจุ

2.2.3.2 วงจรขนาน



ภาพที่ 2.19 ตัวเก็บประจุต่อลักษณะขนาน

$$C_T = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n$$

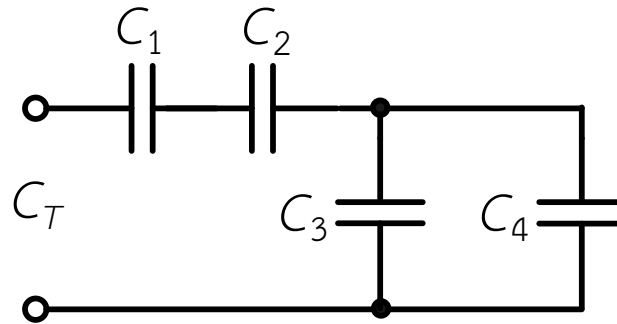
ตัวอย่างที่ 2.6 ตัวเก็บประจุต่อขนานดังแสดงในภาพที่ 2.19 กำหนดให้ $C_1 = 20 \mu\text{F}$ และ $C_2 = C_3 = C_4 = 30 \mu\text{F}$ จงหาค่าความจุรวม

$$\begin{aligned} C_T &= C_1 + C_2 + C_3 + C_4 \\ &= 20 + 30 + 30 + 30 \end{aligned}$$

$$C_T = 110 \mu\text{F}$$

2.2.3 วงจรตัวเก็บประจุ

2.2.3.3 วงจรผสม



ภาพที่ 2.20 ตัวเก็บประจุต่อลักษณะผสม

$$C_T = \frac{\left(\frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} \right) (C_3 + C_4)}{\left(\frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} \right) + (C_3 + C_4)}$$

ตัวอย่างที่ 2.7 ตัวเก็บประจุต่อผสมดังแสดงในภาพที่ 2.20 กำหนดให้ $C_1 = C_2 = 4 \mu\text{F}$ และ $C_3 = C_4 = 1 \mu\text{F}$ จงหาค่าความจุรวม

$$\begin{aligned}\frac{1}{C_{T1}} &= \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \\ &= \frac{1}{4} + \frac{1}{4}\end{aligned}$$

$$C_{T1} = 2 \mu\text{F}$$

$$C_{T2} = C_3 + C_4$$

$$C_{T2} = 2 \mu\text{F}$$

$$\begin{aligned}\frac{1}{C_T} &= \frac{1}{C_{T1}} + \frac{1}{C_{T2}} \\ &= \frac{1}{2} + \frac{1}{2}\end{aligned}$$

$$C_T = 1 \mu\text{F}$$

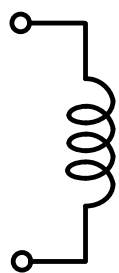
2.3 ตัวเหนี่ยวนำ (Inductor)



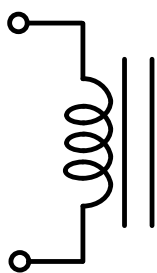
ภาพที่ 2.21 ลักษณะตัวเหนี่ยวนำ

- ตัวเหนี่ยวนำ (Inductor : L) คืออุปกรณ์ที่ใช้การไหลของกระแสไฟฟ้าทำให้เกิดการเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กไฟฟ้า
- ตัวเหนี่ยวนำอาศัยหลักการสนามแม่เหล็กตัดผ่านขดลวดแล้วจะทำให้ขดลวดมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน ซึ่งจะทำให้เกิดการเหนี่ยวนำขึ้น

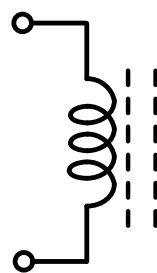
2.3 ตัวเหนี่ยวนำ (Inductor)



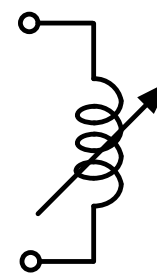
(ก)



(ข)



(ค)



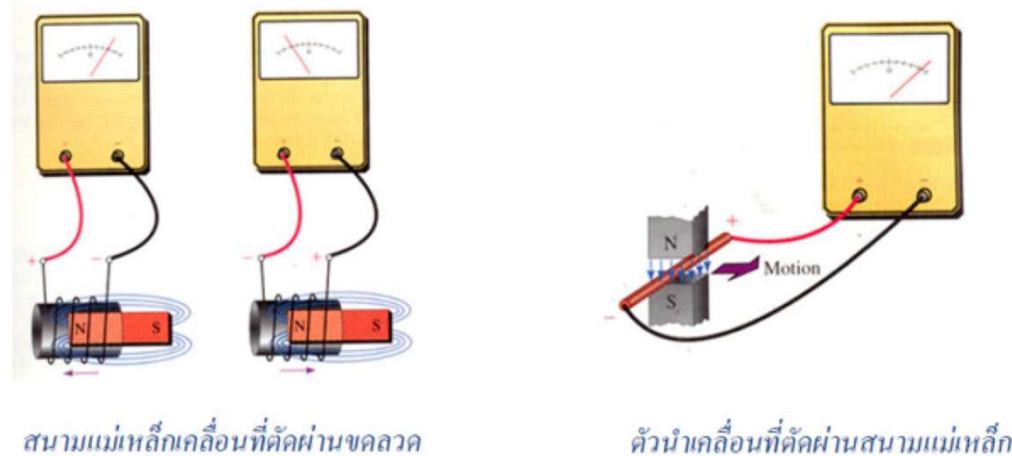
(ง)

ภาพที่ 2.22 สัญลักษณ์ตัวเหนี่ยวนำ

- ภาพที่ 2.22 (ก) แสดงสัญลักษณ์ของตัวเหนี่ยวนำแบบแกนอากาศ
- ภาพที่ 2.22 (ข) แสดงสัญลักษณ์ของตัวเหนี่ยวนำแบบที่ใช้แกนเหล็ก
- ภาพที่ 2.22 (ค) แสดงสัญลักษณ์ของตัวเหนี่ยวนำแบบที่ใช้แกนเฟอร์ไรท์
- ภาพที่ 2.22 (ง) แสดงสัญลักษณ์ของตัวเหนี่ยวนำแบบปรับค่าได้

2.3 ตัวเหนี่ยวนำ (Inductor)

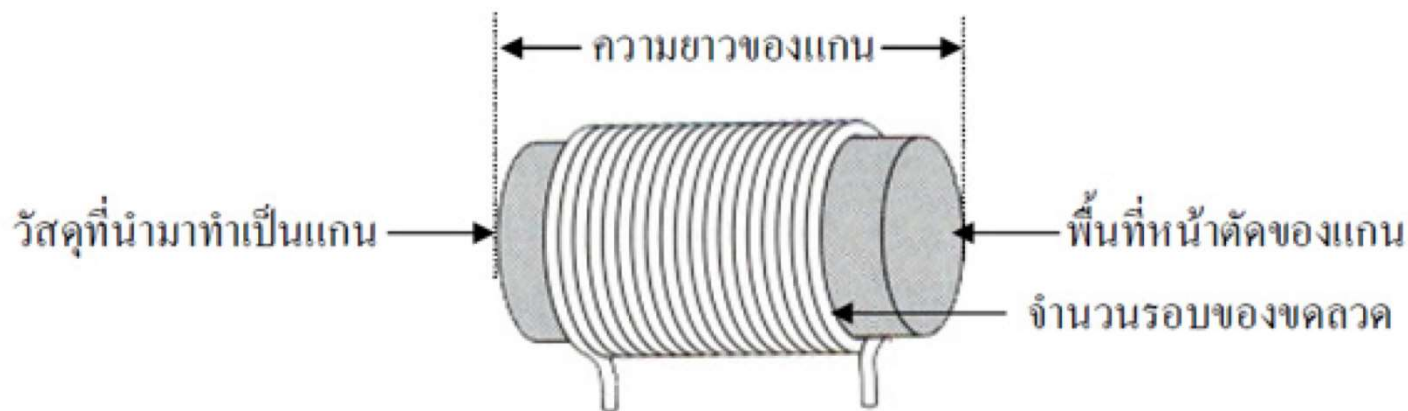
- ไมเคิลฟาราเดย์ และเฮนรีเฮริตได้ทำการทดลอง สนามแม่เหล็กเคลื่อนที่ตัดผ่านขดลวด ทำให้เกิดการเหนี่ยวนำแรงดันภายในขดลวด ถ้าต่อมิเตอร์แบบมีค่า 0 อยู่ตรงกลาง เข็มของมิเตอร์จะแสดงค่าเพิ่มขึ้นไปทางบวกหรือลดลงมาทางด้านลบ ขึ้นอยู่กับทิศทางของสนามแม่เหล็ก
- กรณีที่ใช้ตัวนำเคลื่อนที่ตัดผ่านสนามแม่เหล็ก ก็จะทำให้เกิดการเหนี่ยวนำแรงดัน ถ้าเคลื่อนที่ไปทางขวา เข็มมิเตอร์ก็จะเบี่ยงเบนไปทางด้านบวก แต่ถ้าเคลื่อนที่ตัวนำไปทางด้านซ้าย เข็มมิเตอร์ก็จะเบี่ยงเบนกลับทิศทางไปยังด้านลบแสดงดังในภาพที่ 2.23



ภาพที่ 2.23 ผลการทดลองตัวเหนี่ยวนำ

2.3 ตัวเหนี่ยวนำ (Inductor)

- ตัวเหนี่ยวนำถูกสร้างด้วยการนำเส้นลวดนำมาพันรอบตัวกลางเป็นวง
- โครงสร้างประกอบด้วยขดลวด (Coil) พันรอบแกน (Core) ซึ่งแกนนี้อาจจะเป็นแกนอากาศ แกนเหล็ก หรือแกนเฟอร์ไรท์ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของการเหนี่ยวนำไฟฟ้า



ภาพที่ 2.24 ลักษณะตัวเหนี่ยวนำ

2.3 ตัวเหนี่ยวนำ (Inductor)

- ค่าความเหนี่ยวนำเขียนได้ว่า

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

เมื่อ L คือ ค่าความเหนี่ยวนำ (เฮนรี)

N คือ จำนวนรอบของขดลวด (รอบ)

μ คือ ค่าความซาบซึมของวัสดุ

A คือ พื้นที่หน้าตัดของแกน (ตารางเมตร)

l คือ ความยาวของแกน (เมตร)

ตัวอย่างที่ 2.8 กำหนดให้ตัวเหนี่ยวนำในภาพที่ 2.24 มีความยาวของแกนเท่ากับ 0.1 เมตร และมีค่าความซาบซึมเท่ากับ 0.25×10^{-3} จำนวนของขดลวดที่พันเท่ากับ 20 รอบ พื้นที่หน้าตัดเท่ากับ 0.1 ตารางเมตร จงหาค่าความเหนี่ยวนำ

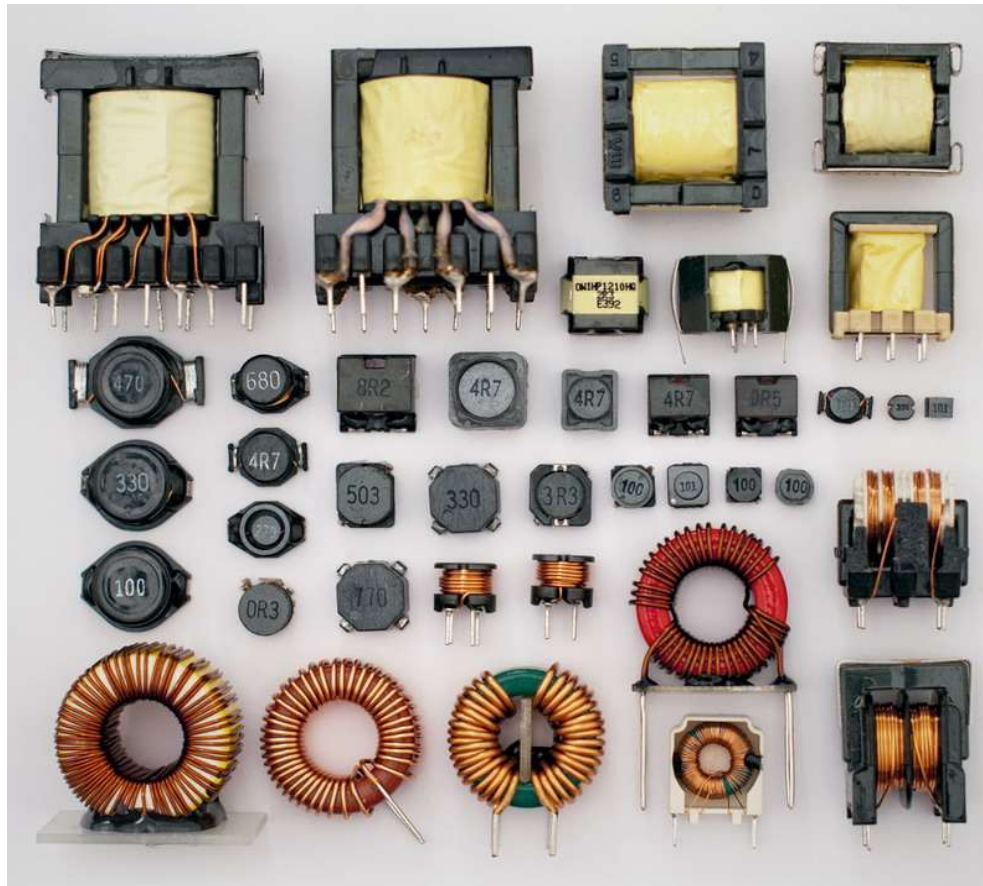
- **วิธีทำ** ค่าความเหนี่ยวนำเขียนได้ว่า

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

$$L = \frac{20^2 \times 0.25 \times 10^{-3} \times 0.1}{0.1} = 100\text{mH}$$

- ค่าความเหนี่ยวนำมีค่าเท่ากับ 100 mH

2.3.1 ตัวเหนี่ยวนำแบบค่าคงที่



- ตัวเหนี่ยวนำแบบค่าคงที่ (Fixed inductors) คือตัวเหนี่ยวนำที่ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงค่าได้
- มีชื่อเรียกแตกต่างกัน เช่น โซลิตนอยด์ เซอร์เฟสเมาส์ โช๊ค ทอร์รอยด์ และแบบแกนสี ฯลฯ เป็นต้น

ภาพที่ 2.25 ลักษณะตัวเหนี่ยวนำ

2.3.2 ตัวเหนี่ยวนำแบบปรับค่าได้



ภาพที่ 2.26 ลักษณะตัวเหนี่ยวนำ

- ตัวเหนี่ยวนำแบบปรับค่าได้ (Variable inductors) นิยมใช้ในเครื่องรับวิทยุ
- ค่าการเหนี่ยวนำจะเปลี่ยนแปลงไปตามการเคลื่อนที่ของแกนหมุน
- ถ้าแกนเคลื่อนที่ออกมาจนสุด ค่าความเหนี่ยวนำจะมีค่าต่ำ แต่ถ้าหมุนสกรูให้แกนเคลื่อนที่เข้าไปในขดลวดมาก จะทำให้ค่าความเหนี่ยวนำมากขึ้นตามไปด้วย

2.3.3 การอ่านค่าตัวเหนี่ยวนำ

- ค่าความเหนี่ยวนำถูกแสดงด้วยการพิมพ์ค่าลงบนตัวเหนี่ยวนำ แสดงเป็นรหัสตัวเลข หรือแสดงเป็นแถบสีแบบตัวต้านทาน ส่วนค่าความผิดพลาดในกรณีการพิมพ์ค่าหรือใช้รหัสตัวเลขนั้นจะมีการพิมพ์เป็นตัวอักษร ดังนี้

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

- กรณีพิมพ์ค่าบนตัวเหนี่ยวนำถ้าค่าความเหนี่ยวนำไม่เกิน 100 μH จะใช้ตัวเลข 3 ตัว และใช้ R แทนจุดทศนิยมดังนี้

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

2.3.3 การอ่านค่าตัวเหนี่ยวนำ

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

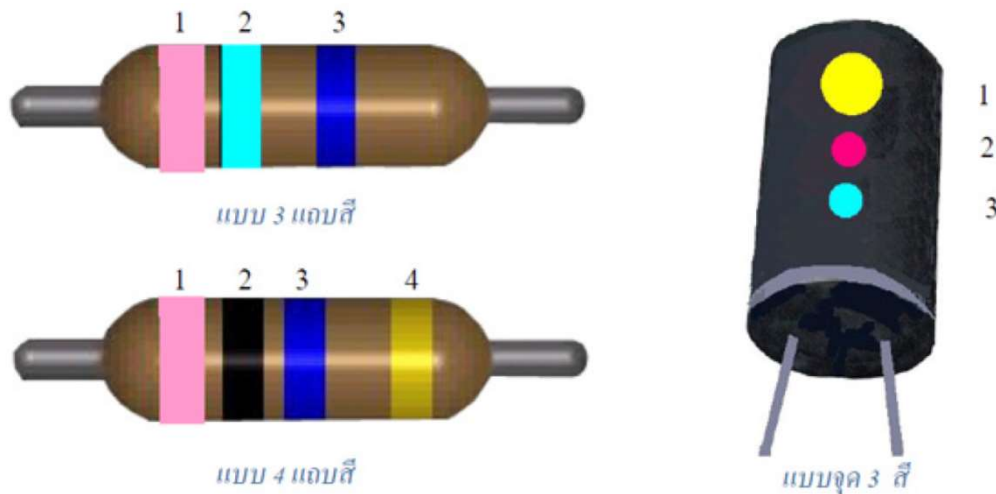
5600	อ่านค่าได้	560 μH
3301	อ่านค่าได้	3300 μH
4702	อ่านค่าได้	47000 μH

- กรณีแสดงเป็นรหัสตัวเลข จะใช้ตัวเลข 3 ตัวโดยตัวที่ 1-2 ให้อ่านค่าตามตัวเลขที่พิมพ์ ส่วนตัวที่ 3 แสดงเลขยกกำลังหรือตัวเต็มศูนย์ดังตัวอย่าง

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

2.3.3 การอ่านค่าตัวเหนี่ยวนำ

กรณีแสดงเป็นกรณีแสดงเป็นแถบสีแบบตัวต้านทานดังแสดงในภาพที่ 3.6 และ 3.7 อาจจะมีลักษณะเป็นแถบ 3 สี แถบ 4 สี หรือแสดงเป็นจุด อ่านค่าเป็นหน่วย μH แต่การอ่านค่ายังมีลักษณะ คล้ายกับการอ่านค่าแถบสีของตัวต้านทาน



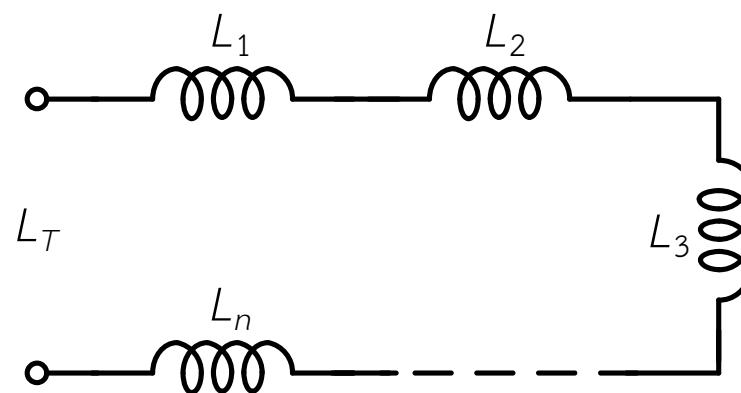
ภาพที่ 2.27 ตัวเหนี่ยวนำแสดงค่าด้วยแถบสี



ภาพที่ 2.28 ตัวอย่างตัวเหนี่ยวนำแสดงค่าด้วยแถบสี

2.3.4 วงจรตัวเหนี่ยวนำ

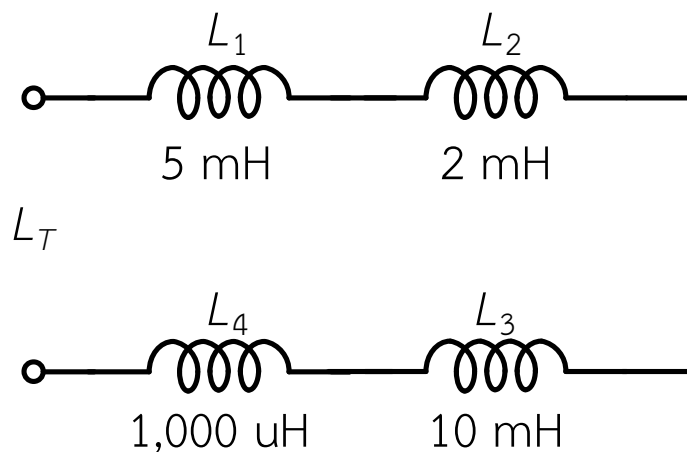
2.3.4.1 วงจรอนุกรม



ภาพที่ 2.29 ตัวเหนี่ยวนำต่อลักษณะอนุกรม

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

ตัวอย่างที่ 2.9 ตัวเหนี่ยวนำต่ออนุกรมดังแสดงในภาพที่ 2.30 จงหาค่าความเหนี่ยวนำรวม



ภาพที่ 2.30 ตัวเหนี่ยวนำต่อลักษณะอนุกรม

- วิธีทำ ค่าความเหนี่ยวนำเขียนได้ว่า

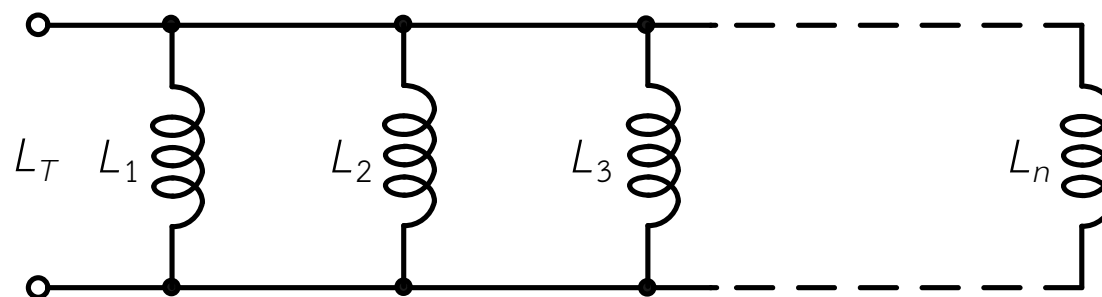
$$L_T = L_1 + L_2 + L_3 + L_4$$

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

- ค่าความเหนี่ยวนำมีค่าเท่ากับ 18 mH

2.3.4 วงจรตัวเหนี่ยวนำ

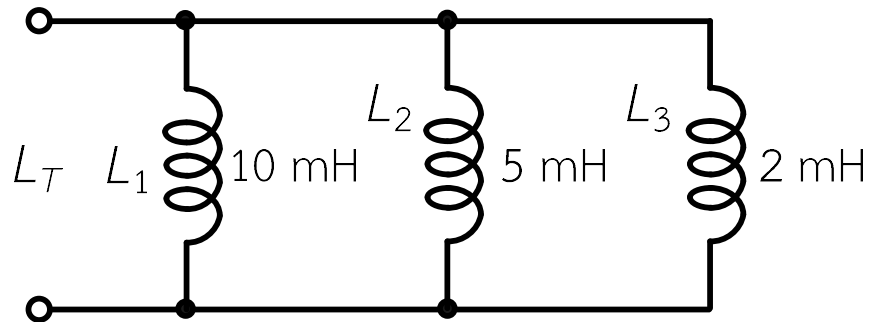
2.3.4.2 วงจรขนาน



ภาพที่ 2.31 ตัวเหนี่ยวนำต่อลักษณะขนาน

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

ตัวอย่างที่ 2.10 ตัวเหนี่ยวนำต่อขนานดังแสดงในภาพที่ 2.32 จงหาค่าความเหนี่ยวนำรวม



ภาพที่ 2.32 ตัวเหนี่ยวนำต่อแบบขนาน

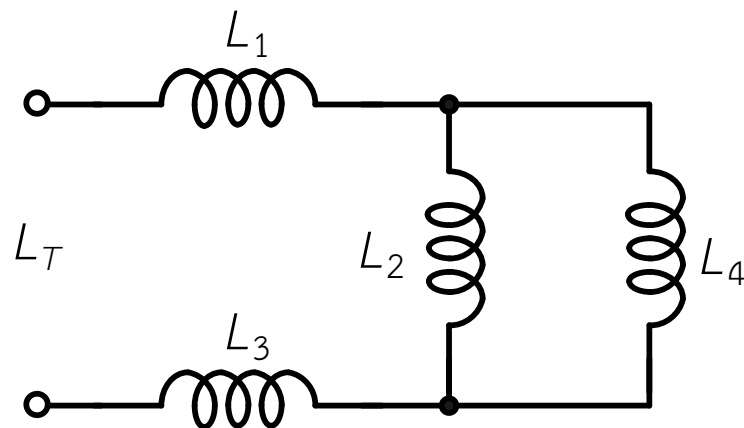
- วิธีทำ ค่าความเหนี่ยวนำรวมนำเขียนได้ว่า

$$\begin{aligned} \frac{1}{L_T} &= \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} \\ &= \frac{1}{10} + \frac{1}{5} + \frac{1}{2} \end{aligned}$$

- ค่าความเหนี่ยวนำมีค่าเท่ากับ 1.25 mH

2.3.4 วงจรตัวเหนี่ยวนำ

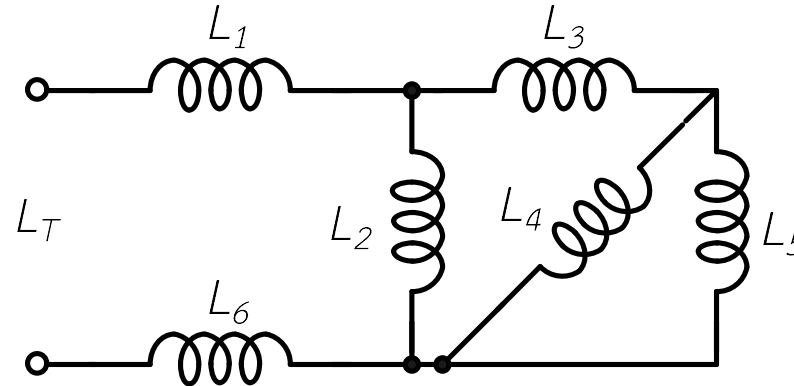
2.3.4.3 วงจรผสม



ภาพที่ 2.33 ตัวเหนี่ยวนำต่อลักษณะผสม

$$L_T = L_1 + (L_2 \parallel L_4) + L_3$$

ตัวอย่างที่ 2.11 ภาพที่ 2.34 แสดงตัวเหนี่ยวนำต่อแบบผสม กำหนดให้ตัวเหนี่ยวนำทุกตัวเท่ากับ 1 mH จงหาค่าความเหนี่ยวนำรวม



ภาพที่ 2.34 ตัวเหนี่ยวนำต่อแบบผสม

- วิธีทำ ค่าความเหนี่ยวนำรวมเขียนได้ว่า

$$L_{T1} = \frac{L_4 L_5}{L_4 + L_5} = \frac{1\text{mH} \times 1\text{mH}}{1\text{mH} + 1\text{mH}} = 0.5\text{mH}$$

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

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

$$L_{T3} = L_{T2} \parallel L_2$$

$$= 1.5 \parallel 1 = 0.67\text{mH}$$

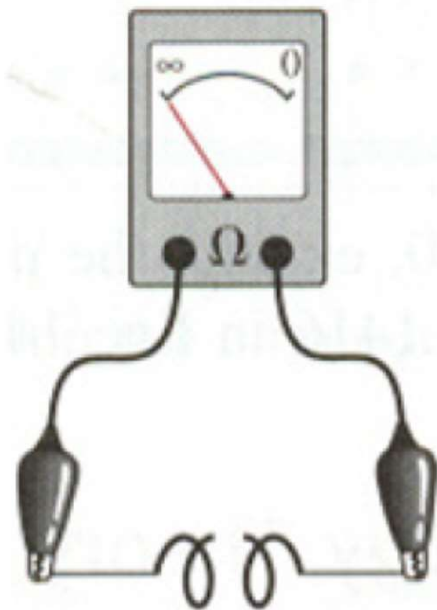
$$L_T = L_1 + L_{T3} + L_6$$

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

- ค่าความเหนี่ยวนำมีค่าเท่ากับ 2.67 mH

2.3.5 การตรวจสอบตัวเหนี่ยวนำ

- การตรวจสอบตัวเหนี่ยวนำว่ามีสภาพดีหรือชำรุดสามารถตรวจสอบได้โดยใช้มัลติมิเตอร์ตั้งย่านวัดโอห์ม แล้วใช้สายวัดต่อกับขาของตัวเหนี่ยวนำทั้งสองด้าน ผลที่เกิดขึ้นมี 3 กรณี ดังนี้



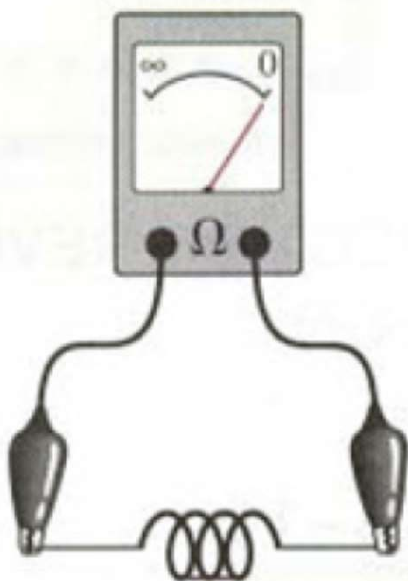
2.3.5.1 กรณีที่เข็มของมิเตอร์ไม่ขึ้นหรืออยู่ในตำแหน่งของอนันต์ แสดงว่าตัวเหนี่ยวนำขาด

ภาพที่ 2.35 ตัวเหนี่ยวนำขาด

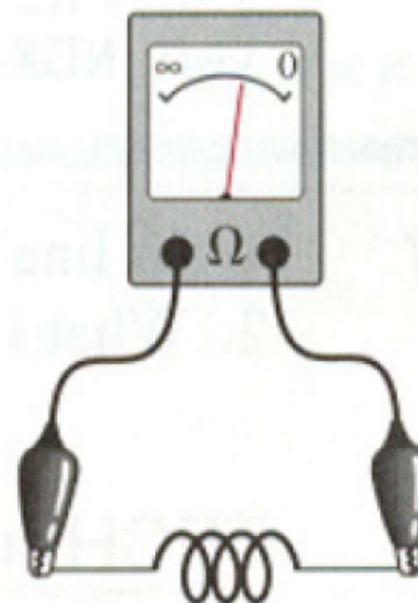
2.3.5 การตรวจสอบตัวเหนี่ยวนำ

2.3.5.2 กรณีที่เข็มของมิเตอร์เบี่ยงเบนจนเข้าใกล้ 0 หรือเท่ากับ 0 แสดงว่าตัวเหนี่ยวนำช็อต

2.3.5.3 กรณีเข็มของมิเตอร์เบี่ยงเบนให้เห็นค่าความต้านทาน แสดงว่าเป็นตัวเหนี่ยวนำที่ดี สามารถนำไปใช้งานได้



ภาพที่ 2.36 ตัวเหนี่ยวนำช็อต



ภาพที่ 2.37 ตัวเหนี่ยวนำปกติ

2.4 หม้อแปลงไฟฟ้า (Transformer)

- หม้อแปลงไฟฟ้า คืออุปกรณ์ที่ใช้แปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ ให้มีขนาดแรงดันเอาต์พุตมาก หรือน้อยกว่าแรงดันอินพุตตามที่ต้องการ



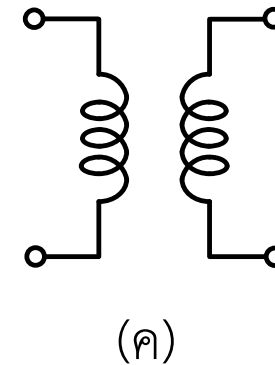
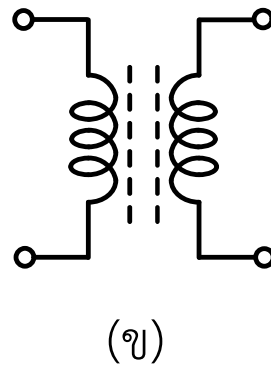
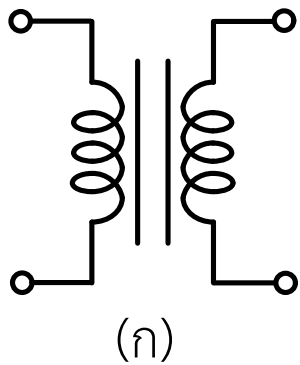
ภาพที่ 2.38 ลักษณะหม้อแปลงไฟฟ้า

2.4 หม้อแปลงไฟฟ้า (Transformer)

- ชนิดของหม้อแปลงไฟฟ้า
 - หม้อแปลงชนิดแกนเหล็ก
 - หม้อแปลงชนิดแกนเฟอร์ไรท์
 - หม้อแปลงชนิดแกนอากาศ

2.4 หม้อแปลงไฟฟ้า (Transformer)

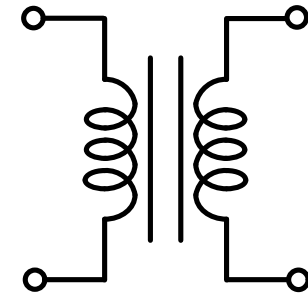
- สัญลักษณ์หม้อแปลงไฟฟ้า



ภาพที่ 2.39 สัญลักษณ์หม้อแปลงไฟฟ้า (ก) แกนเหล็ก (ข) แกนเฟอร์ไรท์ และ (ง) แกนอากาศ

2.4 หม้อแปลงไฟฟ้า (Transformer)

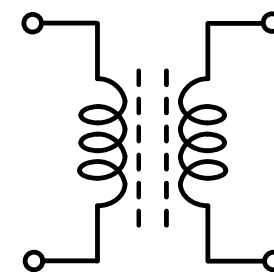
- 2.4.1 หม้อแปลงชนิดแกนเหล็ก
 - หม้อแปลงชนิดแกนเหล็ก (Iron core transformer) จะใช้ แผ่นเหล็กอ่อนหลายๆ แผ่นส่วนใหญ่จะใช้รูปทรงตัว E กับ ตัว I ประกอบกันเป็นแกน
 - ใช้ในงานที่ความถี่ไม่สูงมาก เช่น หม้อแปลงในงานส่งกำลังไฟฟ้า หรือหม้อแปลงแปลงแรงดันไฟฟ้าตามบ้าน เป็นแรงดันต่ำ ๆ ตามที่ต้องการ หม้อแปลงชนิดนี้จะมีประสิทธิภาพสูงที่สุด



ภาพที่ 2.40 สัญลักษณ์
หม้อแปลงไฟฟ้าแกนเหล็ก

2.4 หม้อแปลงไฟฟ้า (Transformer)

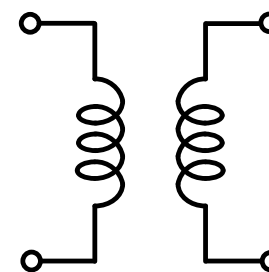
- 2.4. 2 หม้อแปลงชนิดแกนเฟอร์ไรท์
 - หม้อแปลงชนิดแกนเฟอร์ไรท์ (Ferrite core transformer) มีแกนกลางเป็นเฟอร์ไรท์
 - ใช้ในงานหม้อแปลงที่มีความถี่สูง เช่น เครื่องรับ เครื่องส่ง วิทยุ หรือในวงจรสวิตซิ่ง เพราะไม่สามารถใช้หม้อแปลงชนิดแกนเหล็กได้



ภาพที่ 2.41 สัญลักษณ์หม้อแปลงแกนเฟอร์ไรท์

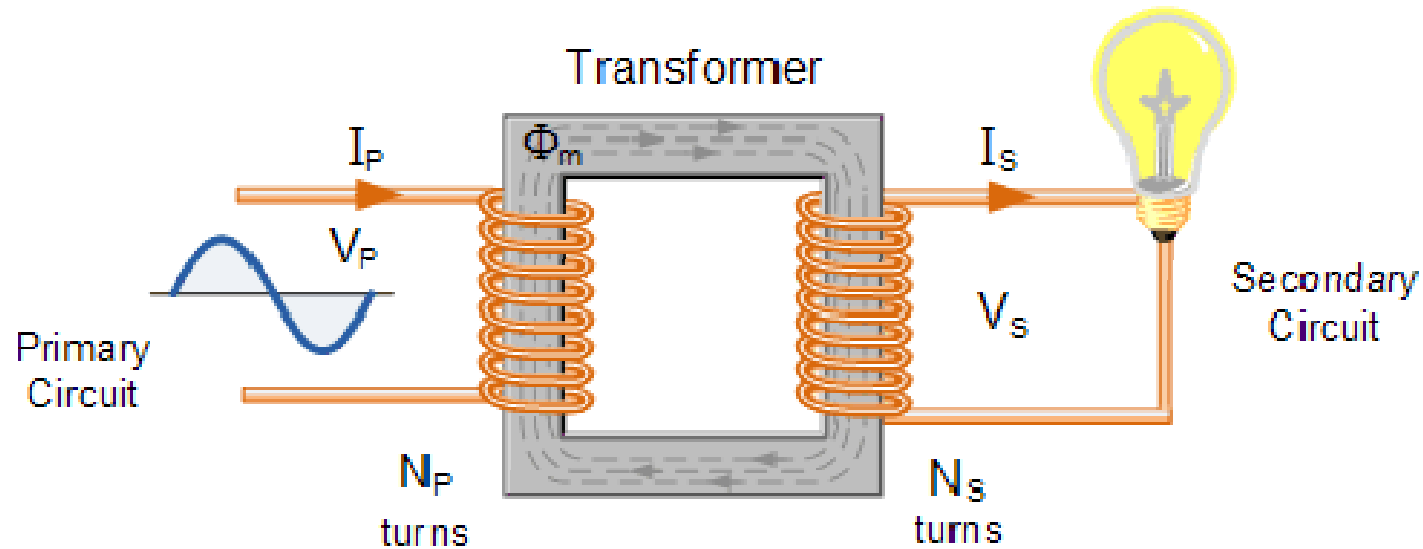
2.4 หม้อแปลงไฟฟ้า (Transformer)

- 2.4.3 หม้อแปลงชนิดแกนอากาศ
 - หม้อแปลงชนิดแกนอากาศ (Air core transformer) มีแกนกลางเป็นอากาศ
 - ใช้ในงานความถี่สูงมาก ๆ เช่น เครื่องรับเครื่องส่งวิทยุ ความถี่สูง เพราะไม่สามารถใช้หม้อแปลงชนิดอื่นได้เนื่องจากจะเกิดความสูญเสียอย่างมาก



ภาพที่ 2.42 สัญลักษณ์
หม้อแปลงแกนอากาศ

2.4 หม้อแปลงไฟฟ้า (Transformer)



ภาพที่ 2.43 หม้อแปลงไฟฟ้า

- การทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้านั้น อาศัยหลักการความสัมพันธ์ระหว่าง กระแสไฟฟ้ากับเส้นแรงแม่เหล็กในการสร้างแรงเคลื่อนเหนี่ยวนำให้กับตัวนำ

2.4 หม้อแปลงไฟฟ้า (Transformer)

- การคำนวณค่าในวงจรหม้อแปลงไฟฟ้า

$$V_S = N_S \times \Delta\phi \quad V_P = N_P \times \Delta\phi$$

$$\frac{V_P}{V_S} = \frac{N_P}{N_S} \quad I_S V_S = I_P V_P \quad \frac{I_S}{I_P} = \frac{V_P}{V_S}$$

- เมื่อ V_P คือ แรงดันที่ขดลวดปฐมภูมิ (โวลต์)
- V_S คือ แรงดันที่ขดลวดทุติยภูมิ (โวลต์)
- N_P คือ แรงดันที่ขดลวดปฐมภูมิ (รอบ)
- N_S คือ แรงดันที่ขดลวดทุติยภูมิ (รอบ)
- $\Delta\phi$ คือ อัตราการเปลี่ยนแปลงของฟลักซ์แม่เหล็ก

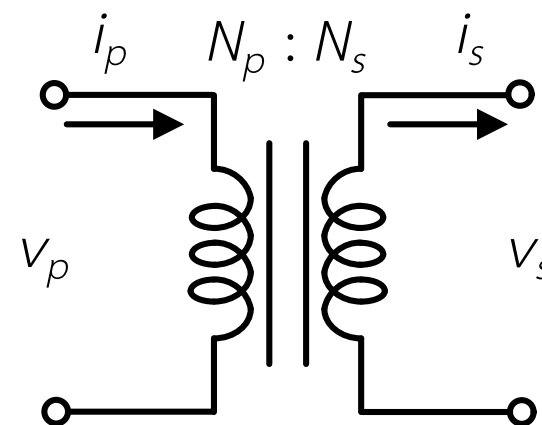
ตัวอย่างที่ 2.12 ภาพที่ 2.44 แสดงหม้อแปลงมี $N_p : N_s$ เท่ากับ 4 : 1
กำหนดให้แรงดันอินพุตเท่ากับ 220 Vac และกระแสอินพุตเท่ากับ 500 mA
จงหาค่าแรงดัน และกระแสเอาต์พุต

วิธีทำ แรงดันทุติยภูมิ (V_s) มีค่าเท่ากับ

$$V_s = \frac{N_s}{N_p} V_p$$

แทนค่าตัวแปรต่าง ๆ ในสมการที่ 4.8 ได้ว่า

$$V_s = \frac{1}{4} \times 220V_{ac} = 55V_{ac}$$



ภาพที่ 2.44 หม้อแปลงไฟฟ้า
จำนวนรอบ $N_p : N_s$

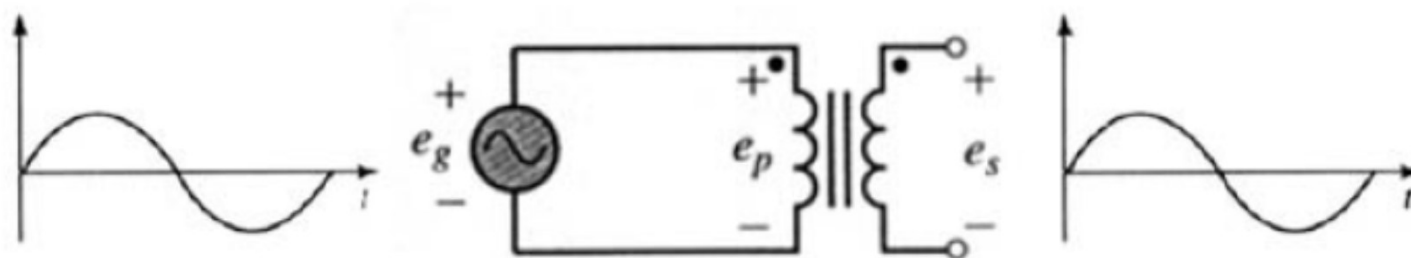
- กระแสทุติยภูมิ (I_S) มีค่าเท่ากับ

$$I_S = \frac{N_P}{N_S} I_P$$

- แทนค่าตัวแปรต่าง ๆ ในสมการ

$$I_S = \frac{4}{1} \times 0.5A = 2A$$

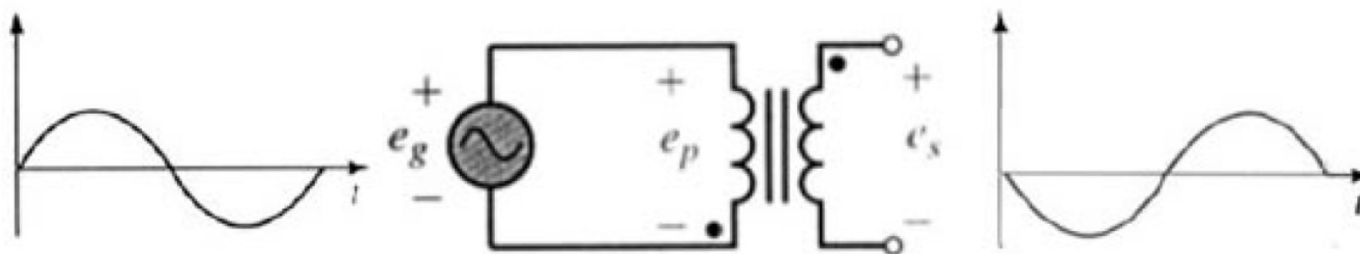
2.4 หม้อแปลงไฟฟ้า (Transformer)



ภาพที่ 2.45 สัญญาณเอาต์พุตมีเฟสเดียวกับอินพุต

- เนื่องจากจุดบอกรั้วบวกของหม้อแปลงด้านทุติยภูมิด้านเดียวกันกับด้านปฐมภูมิ สัญญาณเอาต์พุตจึงมีเฟสเดียวกับอินพุตดังแสดงในภาพที่ 2.45

2.4 หม้อแปลงไฟฟ้า (Transformer)



ภาพที่ 2.46 สัญญาณเอาต์พุตกลับเฟสกับอินพุต

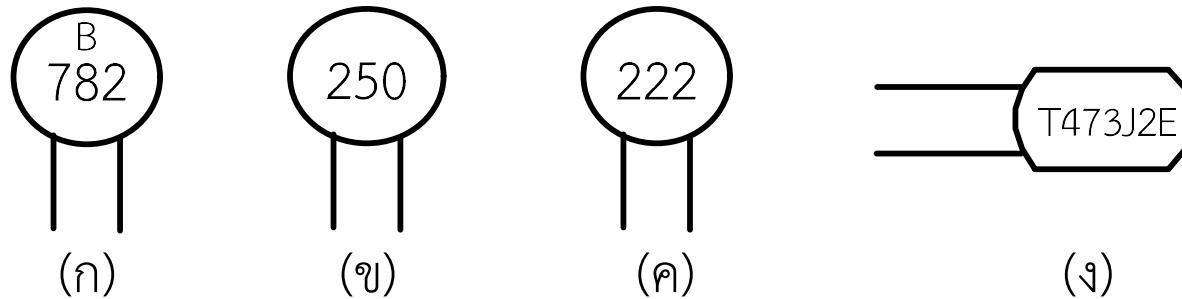
- ภาพที่ 2.46 แสดงลักษณะของสัญญาณเอาต์พุตกลับเฟสกับอินพุต ด้วยการพิจารณาจุดบอกรั้วบวกของหม้อแปลงด้านทุติยภูมิตรงกันข้ามกับด้านปฐมภูมิ

5. บทสรุป

- ตัวเก็บประจุ คืออุปกรณ์ทำหน้าที่เก็บประจุ และคายประจุ
- ค่าความจุขึ้นอยู่กับพื้นที่หน้าตัดของแผ่นเพลท วัสดุตัวกลาง และระยะห่างระหว่างแผ่นเพลท
- ตัวเหนี่ยวนำ คืออุปกรณ์เหมือนงานที่เก็บพลังงานด้วยสนามไฟฟ้าขณะกระแสไหล
- ค่าความเหนี่ยวนำขึ้นอยู่กับพื้นที่หน้า และค่าความซึมตัวของวัสดุที่พันขดลวด และจำนวนขดลวด
- หม้อแปลงไฟฟ้า คืออุปกรณ์ทำหน้าที่แปลงแรงดันอินพุตให้มีแรงดันเอาต์พุตมากกว่า หรือน้อยกว่าแรงดันอินพุต

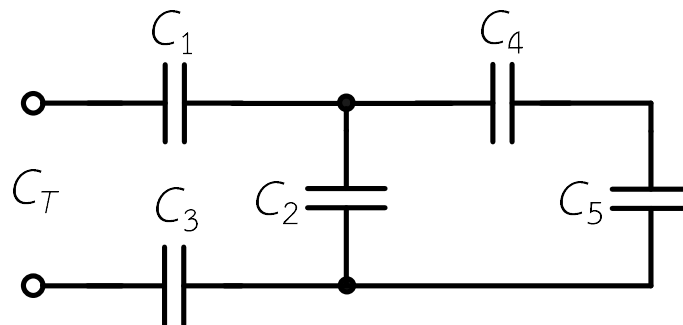
แบบฝึกหัดท้ายบท (ตัวเก็บประจุ)

1. ให้นักศึกษาอ่านค่าความจุของตัวเก็บประจุในภาพที่ 2.47



ภาพที่ 2.47 ตัวเก็บประจุค่าต่าง ๆ

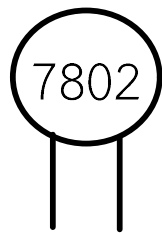
2. ภาพที่ 2.48 แสดงวงจรตัวเก็บประจุแบบผสม กำหนดให้ $C_1 = C_2 = 10 \mu\text{F}$ และ $C_3 = C_4 = C_5 = 20 \mu\text{F}$ จงหาค่าความจุรวม



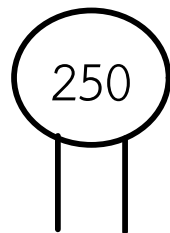
ภาพที่ 2.48 วงจรตัวเก็บประจุแบบผสม

แบบฝึกหัดท้ายบท (ตัวเหนี่ยวนำ)

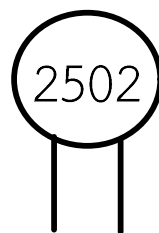
1. ให้นักศึกษาอ่านค่าความเหนี่ยวนำในภาพที่ 2.49



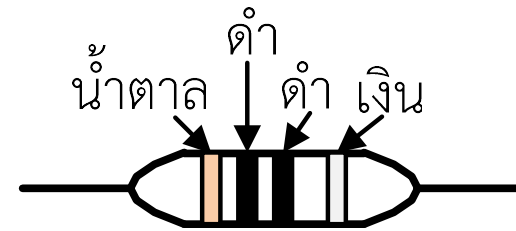
(ก)



(ข)



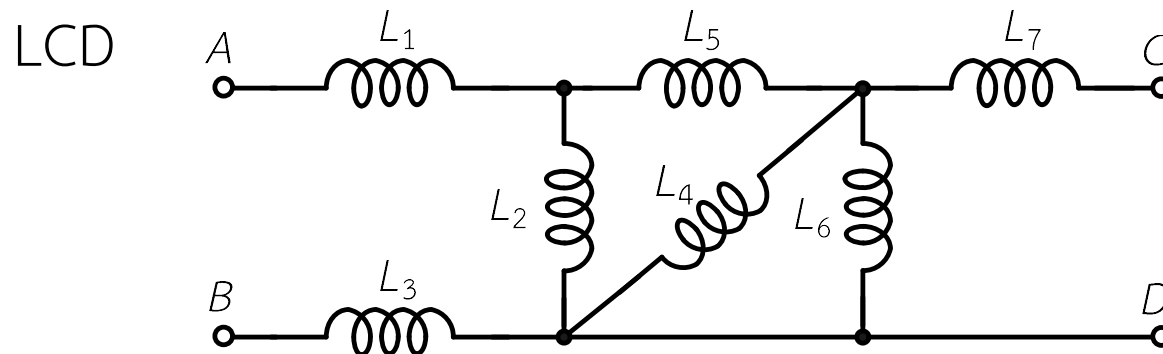
(ค)



(ง)

ภาพที่ 2.49 ตัวเหนี่ยวนำค่าต่าง ๆ

2. ภาพที่ 2.50 แสดงวงจรตัวเหนี่ยวนำต่อแบบผสม กำหนดให้ตัวเหนี่ยวนำทั้งหมดเท่ากับ 1 mH จงหาค่าความเหนี่ยวนำรวม LAB LAC LBC LBD และ



ภาพที่ 2.50 วงจรตัว
เหนี่ยวนำต่อลักษณะผสม

แบบฝึกหัดท้ายบท (ตัวเหนี่ยวนำ)

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

แบบฝึกหัดท้ายบท (หม้อแปลงไฟฟ้า)

1. หม้อแปลงไฟฟ้าคืออะไร และทำหน้าที่อะไร
2. กำหนดหม้อแปลงมี $N_p : N_s$ เท่ากับ $11 : 1$ กำหนดให้แรงดันอินพุตเท่ากับ 220 Vac และกระแสอินพุตเท่ากับ 100 mA จงหาค่าแรงดัน และกระแสเอาต์พุต
3. กำหนดหม้อแปลงมี $N_p : N_s$ เท่ากับ $1 : 5$ กำหนดให้แรงดันอินพุตเท่ากับ 12 Vac และกระแสอินพุตเท่ากับ 1 A จงหาค่าแรงดัน และกระแสเอาต์พุต
4. กำหนดแรงดัน $V_p : V_s$ เท่ากับ $220 : 24$ กำหนดให้กระแสอินพุตเท่ากับ 100 mA และจำนวนรอบ N_p เท่ากับ 5 รอบ จงหาค่า $N_p : N_s$ และกระแสเอาต์พุต
5. กำหนดแรงดัน $V_p : V_s$ เท่ากับ $220 : 12$ กำหนดให้กระแสเอาต์พุตเท่ากับ 1 A จงหาค่า $N_p : N_s$ และกระแสอินพุต

ขอบคุณครับ