แบบทดสอบก่อนเรียน

หน่วยที่ 10 วงจรเรโซแนนซ์ วงจรฟิลเตอร์ และระบบของไฟฟ้ากระแสสลับ

.....

คำชี้แจงแบบทดสอบก่อนเรียน

- แบบทดสอบก่อนเรียนมี 10 ข้อ เวลา 10 นาที
- เลือกคำตอบที่ถูกที่สุดและทำเครื่องหมาย × ในกระดาษคำตอบ

1. วงจรเรโซแนนซ์แบบอนุกรม เมื่อเข้าสู่สภาวะ เรโซแนนซ์จะส่งผลอย่างไรกับวงจร
   ก. แรงดันที่ตกคร่อมขดลวดเหนี่ยวนำเท่ากับตัวเก็บประจุ ส่งผลให้แรงดันที่แหล่งจ่ายทั้งหมดไปตกคร่อมที่ตัวต้านทาน ค่าอิมพีแดนซ์จะต่ำสุดเท่ากับตัวต้านทานเพียงตัวเดียว
   ข. แรงดันที่ตกคร่อมตัวต้านทานเท่ากับขดลวดเหนี่ยวนำ ส่งผลให้แรงดันที่แหล่งจ่ายทั้งหมดไปตกคร่อมที่ตัวต้านทานรวมกับตัวเก็บประจุ
   ค. แรงดันที่ตกคร่อมตัวต้านทานเท่ากับตัวเก็บประจุ ส่งผลให้แรงดันที่แหล่งจ่ายทั้งหมดไปตกคร่อมที่ตัวต้านทานค่าอิมพีแดนซ์ต่ำสุดเท่ากับตัวต้านทานเพียงตัวเดียว
   ง. แรงดันที่ตกคร่อมตัวต้านทานเท่ากับขดลวดเหนี่ยวนำ ส่งผลให้แรงดันที่แหล่งจ่ายทั้งหมดไปตกคร่อมที่ตัวต้านทาน ค่าอิมพีแดนซ์สูงสุดเท่ากับตัวต้านทานเพียงตัวเดียว

2. วงจร เรโซแนนซ์แบบขนาน เมื่อเข้าสู่สภาวะ เรโซแนนซ์จะส่งผลอย่างไรกับวงจร
   ก. กระแสที่ไหลผ่านขดลวดเหนี่ยวนำเท่ากับที่ตัวเก็บประจุ ทำให้อิมพีแดนซ์สูงสุดเท่ากับตัวต้านทาน
   ข. กระแสที่ไหลผ่านขดลวดเหนี่ยวนำเท่ากับที่ตัวเก็บประจุ ทำให้อิมพีแดนซ์ต่ำสุดเท่ากับตัวต้านทาน
   ค. กระแสที่ไหลผ่านตัวต้านทานเท่ากับที่ตัวเก็บประจุ ทำให้อิมพีแดนซ์ต่ำสุดเท่ากับตัวต้านทาน
   ง. กระแสที่ไหลผ่านตัวต้านทานเท่ากับขดลวดเหนี่ยวนำ ทำให้อิมพีแดนซ์สูงสุดเท่ากับตัวต้านทาน

3. วงจรเรโซแนนซ์แบบอนุกรมประกอบด้วยตัวต้านทาน 200 Ω ขดลวดเหนี่ยวนำ 0.5 mH ตัวเก็บประจุ 330 µF จะมีค่าความถี่เรโซแนนซ์ที่เท่าไร

ก. 500.26 Hz

ข. 620.71 Hz

ค. 12.50 Hz

ง. 392.15 Hz

4. ในวงจรเรโซแนนซ์แบบขนาน ใช้ความถี่ 600 Hz ตัวต้านทาน 200 Ω ใช้ขดลวดเหนี่ยวนำ 0.17 H จะต้องใช้ตัวเก็บประจุขนานเท่าใดที่จะทำให้เกิด สภาวะเนโซแนนซ์

ก. 2.2 µF

ข. 3 µF

ค. 0.1 µF

ง. 1 µF

5. ข้อใดเป็นคุณสมบัติของวงจร High pass filter

ก. ยอมให้ความถี่ในช่วงที่กำหนดผ่านวงจรได้ง่าย

ข. ไม่ยอมให้ความถี่ในช่วงที่กำหนดผ่านวงจรได้

ค. ยอมให้ความถี่ที่ต่ำกว่า f_C ผ่านได้ง่าย

ง. ยอมให้ความถี่ที่สูงกว่า f_C ผ่านได้ง่าย

6. ข้อใดเป็นคุณสมบัติของวงจร Band pass filter

ก. ยอมให้ความถี่ในช่วงที่กำหนดผ่านวงจรได้ง่าย

ข. ไม่ยอมให้ความถี่ในช่วงที่กำหนดผ่านวงจรได้

ค. ยอมให้ความถี่ที่ต่ำกว่า f_C ผ่านได้ง่าย

ง. ยอมให้ความถี่ที่สูงกว่า f_C ผ่านได้ง่าย

7.ถ้าต้องการออกแบบวงจรกรองความถี่สูงผ่านแบบตัวต้านทานกับตัวเก็บประจุ โดยกำหนดให้กรองความถี่ผ่านย่าน 50 KHz โดยใช้ตัวต้านทานขนาด 500 Ω จะต้องใช้ตัวเก็บประจุค่าเท่าใด

ก. 6.36 nF

ข. 22.52 pF

ค. 12.5 uF

ง. 330 uF

8. ในการกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟสประกอบด้วยสายใดบ้าง

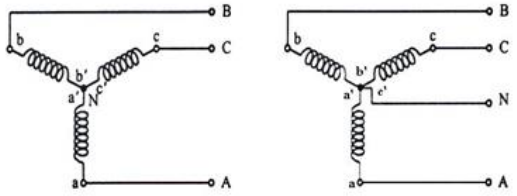
ก. Line1 , Line2 และ Neutaul

ข. Line1 , Line2 , Line3 และ Neutaul

ค. Line , Ground

ง. Line , Neutaul

9. จากรูปวงจรลักษณะนี้ในระบบ 3 เฟสเรียกว่า



ก. Δ Connected generator

ข. 120° Connected generator

ค. 3 Connected generator

ง. Y Connected generator

10. ระบบไฟฟ้าสามเฟส ถ้าต่อแบบเดลต้าจะได้แรงดันไฟฟ้าเท่าใด และจำนวนกี่คู่สาย

ก. 380 V จำนวน 2 คู่สาย

ข. 380 V จำนวน 3 คู่สาย

ค. 220 V จำนวน 2 คู่สาย

ง. 220 V จำนวน 3 คู่สาย

กระดาษคำตอบแบบทดสอบก่อนเรียน

คำสั่ง จงทำเครื่องหมายกากบาท (X) เลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว ลงในช่องของกระดาษคำตอบ

ชื่อ – สกุล ..... เลขที่ ..... ชั้น .....

ข้อ	ก	ข	ค	ง
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

สรุปผล

เต็ม	10
ได้	

เกณฑ์การประเมิน

ทำแบบทดสอบได้ 9 – 10 คะแนน ระดับคุณภาพ ดีมาก

ทำแบบทดสอบได้ 7 – 8 คะแนน ระดับคุณภาพ ดี

ทำแบบทดสอบได้ 5 – 6 คะแนน ระดับคุณภาพ พอใช้

ทำแบบทดสอบได้ 0 – 4 คะแนน ระดับคุณภาพ ปรับปรุง

หน่วยที่ 10 วงจรเรโซแนนซ์ วงจรฟิลเตอร์ และระบบของไฟฟ้ากระแสสลับ

สาระสำคัญ

วงจรอนุกรมตัวต้านทาน ขดลวดเหนี่ยวนำ และตัวเก็บประจุ เมื่อเปลี่ยนความถี่ของแหล่งจ่ายไฟที่ป้อนให้กับวงจรจะพบว่าที่ความถี่ค่าหนึ่งจะทำให้ค่าอินดักทีฟรีแอกแตนซ์เท่ากับค่าคาปาซิทีฟรีแอกแตนซ์ เกิดการหักล้างกันทางเฟสเซอร์ อิมพีแดนซ์ของวงจรจะเหลือเพียงค่าความต้านทาน สภาวะของวงจรดังกล่าวเรียกว่าสภาวะเรโซแนนซ์

วงจรขนานตัวต้านทาน ขดลวดเหนี่ยวนำ และตัวเก็บประจุ เมื่อเกิดสภาวะเรโซแนนซ์ขึ้น จะทำให้กระแส $I_C = I_L$ เมื่อรวมกันทางเฟสเซอร์จะทำให้หักล้างกัน ดังนั้นกระแสทั้งหมดของวงจรจึงเท่ากับกระแสที่ไหลผ่านตัวต้านทาน I_R

วงจร ฟิลเตอร์ หรือวงจรกรองความถี่ หมายถึงวงจรที่สามารถเลือกให้สัญญาณไฟฟ้าที่มีความถี่ที่ต้องการผ่านไปได้ หรือตัดสัญญาณไฟฟ้าที่มีความถี่ที่ไม่ต้องการออกไป

ระบบของไฟฟ้ากระแสสลับ สามารถแบ่งได้ออกเป็น 2 ระบบคือ

1. ระบบไฟฟ้า 1 เฟสจะมีหลักการกำเนิดแรงดันไฟฟ้า โดยจะใช้หลักการขดลวดเคลื่อนที่ตัดกับสนามแม่เหล็ก ระหว่างขั้วเหนือ(N) และ ขั้วใต้(S) ของแม่เหล็กถาวร ส่งผลให้เกิดการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนในขดลวดเคลื่อนที่โดยสาย จะประกอบไปด้วยสายจำนวน 2 สายคือ 1) สาย Line จะมีกระแสไฟฟ้า 2) สาย Neutral จะไม่มีกระแสไฟฟ้า

2. การกำเนิดสัญญาณแรงดันไฟฟ้ารูปคลื่นไซน์ 3 เฟส จะต้องมีขดลวดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 3 ชุด วางห่างกันเป็นมุม 120 องศา เครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยส่วนใหญ่จะต่อขดลวดทั้ง 3 ชุด แบบสตาร์ ทั้งนี้เพราะต้องการใช้แรงดันทั้งสองระดับ แต่ถ้าต่อแบบเดลตาจะมีแรงดันเพียงระดับเดียว แรงดันไฟฟ้าในระบบ 3 เฟส มี 2 ระดับเรียกว่า แรงดันระหว่างสาย และระบบไฟฟ้า 3 เฟสยังสามารถแยกได้เป็น 1) ระบบ 3 เฟส 3 สาย 2) ระบบ 3เฟส 4 สาย

สาระการเรียนรู้

10.1 วงจรเรโซแนนซ์แบบอนุกรม

10.2 วงจรเรโซแนนซ์แบบขนาน

10.3 การเกิดสภาวะเรโซแนนซ์ในวงจรอนุกรม

10.4 การเกิดสภาวะเรโซแนนซ์ในวงจรขนาน

10.5 วงจรฟิลเตอร์

10.6 การออกแบบวงจรฟิลเตอร์

10.7 ระบบของไฟฟ้ากระแสสลับ

จุดประสงค์การเรียนรู้

10.1 บอกคุณลักษณะที่สำคัญของวงจรเรโซแนนซ์แบบอนุกรมได้ถูกต้อง

10.2 บอกคุณลักษณะที่สำคัญของวงจรเรโซแนนซ์แบบขนานได้ถูกต้อง

10.3 คำนวณการเกิดสภาวะเรโซแนนซ์ในวงจรอนุกรมได้ถูกต้อง

10.4 คำนวณการเกิดสภาวะเรโซแนนซ์ในวงจรขนานได้ถูกต้อง

10.5 อธิบายคุณสมบัติของวงจรฟิลเตอร์ได้ถูกต้อง

10.6 คำนวณและออกแบบวงจรฟิลเตอร์ได้ถูกต้อง

10.7 อธิบายหลักการกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟสได้ถูกต้อง

10.8 อธิบายหลักการกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟสได้ถูกต้อง

เนื้อหาสาระ

10.1 วงจรเรโซแนนซ์ แบบอนุกรม

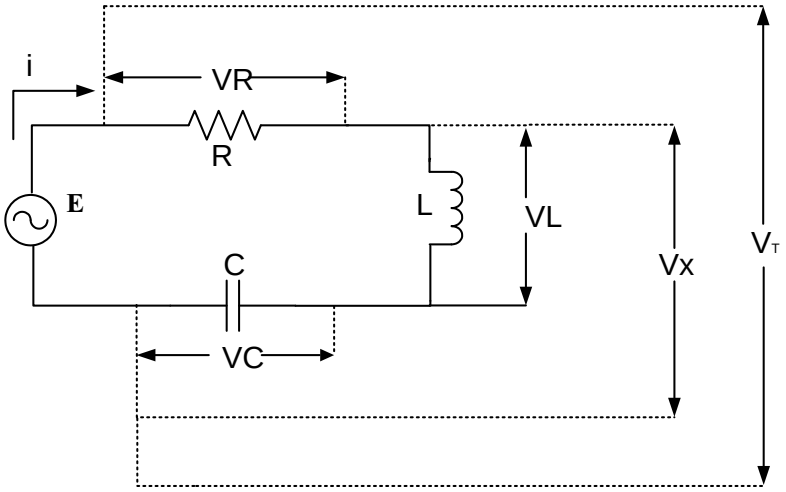
ในวงจรที่ประกอบไปด้วย ตัวต้านทาน ขดลวดเหนี่ยวนำ และตัวเก็บประจุ ต่อแบบอนุกรม การที่จะเกิดสภาวะที่ค่าอินดัคทีฟรีแอคแตนซ์และค่าคาปาซิทีพรีแอคแตนซ์มีค่าเท่ากันนั้น ทำให้ค่าแรงดันที่ตกคร่อมขดลวดเหนี่ยวนำ(V_L) และแรงดันตกคร่อมตัวเก็บประจุมีค่าเท่ากัน (V_C) แต่ค่ามุมทั้งสองมีค่าตรงข้ามกันทำให้เกิดการหักล้างกันทั้งหมด ทำให้ค่าแรงดันตกคร่อมในวงจรเหลือเพียงแรงดันตกคร่อมตัวต้านทาน และค่าอิมพีแดนซ์ของวงจรจะมีค่าต่ำที่สุดโดยมีค่าเท่ากับค่าความต้านทานของตัวต้านทานเพียงตัวเดียวทำให้กระแสที่ไหลภายในวงจรมีค่าสูงสุด ซึ่งเราเรียกสภาวะนี้ว่าสภาวะเรโซแนนซ์

การเกิดสภาวะเรโซแนนท์ได้สามารถทำได้ 3 วิธีด้วยกัน คือ

1) ปรับค่าความเหนี่ยวนำของขดลวด (L)

2) ปรับค่าความจุของตัวเก็บประจุ (C)

3) ปรับความถี่ (f) ในวงจร และ



รูปที่ 10.1 วงจรเรโซแนนซ์แบบอนุกรม

ในขณะที่เกิดเรโซแนนซ์ นั้นจะมีค่าอิมพิแดนซ์ (Z) ของวงจร ตามสมการที่ 10-1

สมการที่ 10-1

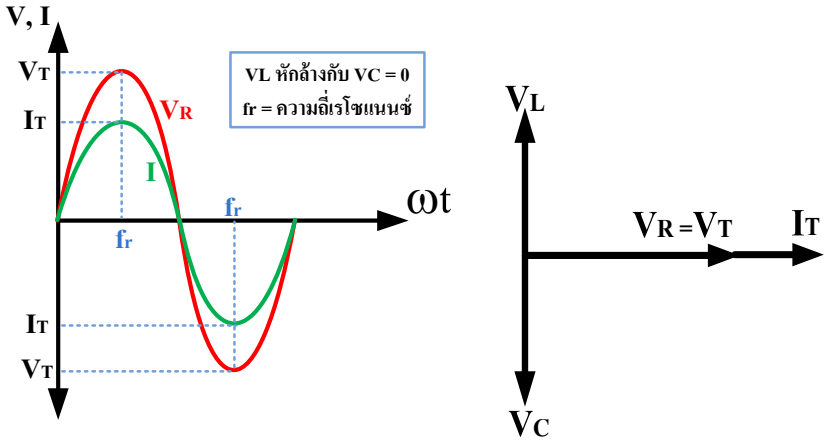
$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = R \qquad (10\text{-}1)$$

จากวงจรตามรูปที่ 10.1 นอกจากเรื่องของ อิมพีแดนซ์แล้วหากพิจารณาในด้านของแรงดันจะพบว่าแรงดันที่ตกคร่อมขดลวดเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุจะมีปริมาณเท่ากันดังนั้นค่าแรงดันรวมจึงเป็นไปตามสมการที่ 10-2

สมการที่ 10-2

$$V_T = \sqrt{V_R^2 + (V_L - V_C)^2} = V_R \qquad (10\text{-}2)$$

เราสามารถแสดงรูปคลื่นสัญญาณไฟฟ้าและเฟสเซอร์ไดอะแกรมภายในวงจรขณะที่เกิดสภาวะเรโซแนนซ์ได้ดังนี้



รูปที่ 10.2 แสดงคลื่นสัญญาณไฟฟ้าและเฟสเซอร์ไดอะแกรมขณะที่เกิดสภาวะเรโซแนนซ์

10.2 วงจรเรโซแนนซ์ แบบขนาน

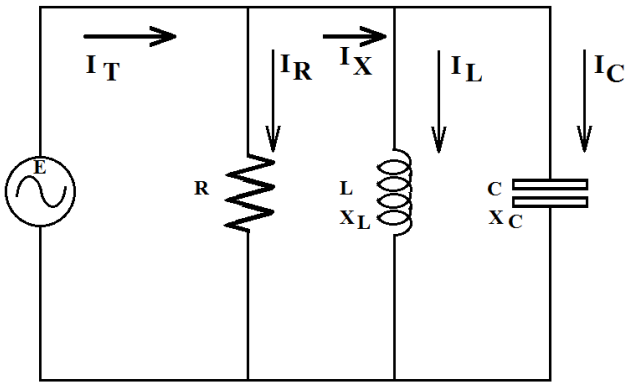
ในวงจรที่ประกอบไปด้วย ตัวต้านทาน ขดลวดเหนี่ยวนำ และตัวเก็บประจุ ต่อแบบขนาน การที่จะเกิดสภาวะที่ค่าอินดัคทีฟรีแอคแตนซ์และค่าคาปาซิทีพรีแอคแตนซ์มีค่าเท่ากันนั้น ทำให้ค่ากระแสที่ไหลผ่านขดลวดเหนี่ยวนำ(I_L) และกระแสที่ไหลผ่านตัวเก็บประจุมีค่าเท่ากัน (I_C) แต่ค่ามุมทั้งสองมีค่าตรงข้ามกันทำให้เกิดการหักล้างกันทั้งหมด ทำให้ค่ากระแสที่ไหลในวงจรเหลือเพียงกระแสที่ไหลผ่านตัวต้านทาน และค่าอิมพีแดนซ์ของวงจรมีค่าเท่ากับค่าความต้านทานของตัวต้านทานเพียงตัวเดียว ซึ่งเราเรียกสภาวะนี้ว่าสภาวะเรโซแนนซ์

การเกิดสภาวะเรโซแนนท์ได้สามารถทำได้ 3 วิธีด้วยกัน คือ

1) ปรับค่าความเหนี่ยวนำของขดลวด (L)

2) ปรับค่าความจุของตัวเก็บประจุ (C)

3) ปรับความถี่ (f) ในวงจร และ

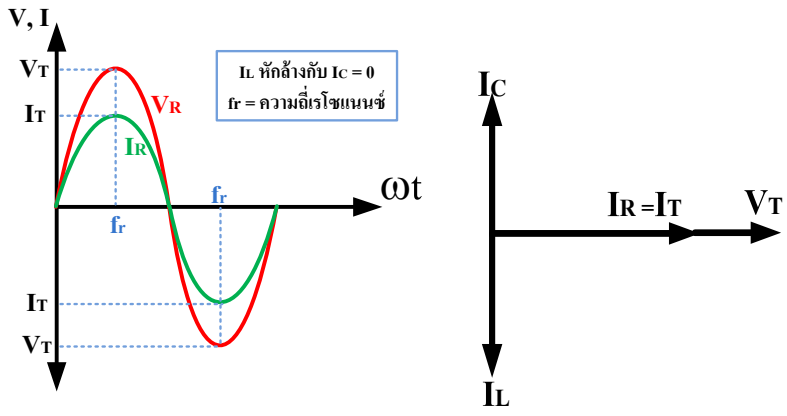


รูปที่ 10.3 วงจรโซแนนซ์แบบขนาน

สมการที่ 10-3

$$I_T = \sqrt{I_R^2 + (I_L - I_C)^2} = I_R \qquad (10\text{-}3)$$

จากสมการที่ 10-3 เมื่อเกิดสภาวะเรโซแนนซ์ X_L จะมีค่าเท่ากับ X_C ส่งผลให้กระแสที่ไหลผ่านขดลวดเหนี่ยวนำเท่ากับกระแสที่ไหลผ่านตัวเก็บประจุและหักล้างกัน ดังนั้นกระแสที่ไหลผ่านวงจรทั้งหมดเท่ากับกระแสที่ไหลผ่านตัวต้านทานเพียงตัวเดียว จึงให้ค่าอิมพีแดนซ์ของวงจรมีค่าเท่าตัวต้านทานเพียงตัวเดียวเช่นเดียวกับ วงจรเรโซแนนซ์แบบอนุกรม



รูปที่ 10.4 แสดงคลื่นสัญญาณไฟฟ้าและเฟสเซอร์ไดอะแกรมขณะที่เกิดสภาวะเรโซแนนซ์

10.3 การเกิดสภาวะเรโซแนนซ์ในวงจรอนุกรม

เมื่อตัวต้านทาน ขดลวดเหนี่ยวนำ และตัวเก็บประจุ ในรูปแบบของวงจรอนุกรม เมื่อเกิดสภาวะเรโซแนนซ์ จะทำให้ค่าเพาเวอร์เฟคเตอร์เท่ากับ 1 (ค่าความต้านทาน=ค่าอิมพิแดนซ์ของวงจร) เราสามารถทำให้วงจรเกิดสภาวะเรโซแนนซ์ได้ดังนี้

10.3.1 คำนวณค่าความถี่ที่ทำให้เกิดสภาวะเรโซแนนซ์

หากต้องการหาค่าความถี่ที่ทำให้วงจรเกิดสภาวะเรโซแนนซ์สามารถทำได้โดยสมการ 10-4

$$X_L = X_C$$

$$2\pi f_r L = \frac{1}{2\pi f_r C}$$

$$f_r^2 = \frac{1}{(2\pi)^2 LC}$$

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

สมการที่ 10-4

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \qquad (10\text{-}4)$$

เมื่อ

f_r = ความถี่เรโซแนนซ์

L = ค่าความเหนี่ยวนำของขดลวด

C = ค่าความจุของตัวเก็บประจุ

ตัวอย่างที่ 10-1 วงจรอนุกรมประกอบด้วย ตัวต้านทาน 10 Ω ขดลวดเหนี่ยวนำ 0.1 H และตัวเก็บประจุ 220 μF จงหาค่าความถี่ที่ทำให้เกิดสภาวะ เรโซแนนซ์

วิธีทำ

หาค่า ความถี่เรโซแนนซ์ จากสมการ

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

เมื่อ

L = 0.1 H

C = 220 μF

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{0.1 \times (220 \times 10^{-6})}}$$

$$= 33.932 \text{ Hz}$$

$\therefore$ ความถี่ที่ทำให้เกิดสภาวะ เรโซแนนซ์มีค่า 33.932 Hz **ตอบ**

10.3.2 คำนวณค่าขดลวดเหนี่ยวนำที่ทำให้เกิดสภาวะเรโซแนนซ์

หากต้องการปรับค่าขดลวดเหนี่ยวนำที่ทำให้เกิดสภาวะเรโซแนนซ์สามารถทำได้โดยสมการที่ 10-5 ซึ่งมีที่มาดังนี้

จากสมาการ 10-4

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

หรือ

$$\sqrt{LC} = \frac{1}{2\pi f_r}$$

$$LC = \frac{1}{4\pi^2 f_r^2}$$

ดังนั้นวิธีหาค่าความเหนี่ยวนำของขดลวด ที่ทำให้เกิดสภาวะเรโซแนนซ์ สามารถเขียนอยู่ในรูปได้ดัง สมการ 10-5

สมการที่ 10-5

$$L = \frac{1}{4\pi^2 f_r^2 C} \qquad (10\text{-}5)$$

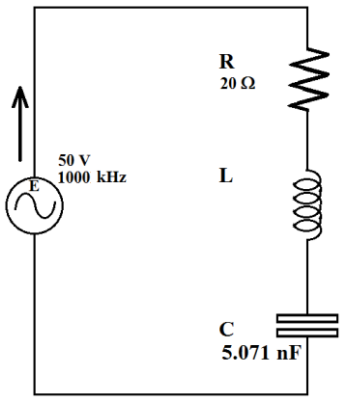
เมื่อ

L = ค่าความเหนี่ยวนำของขดลวด

f_r = ความถี่เรโซแนนซ์

C = ค่าความจุของตัวเก็บประจุ

ตัวอย่างที่ 10-2 จากรูปจงหาค่าความเหนี่ยวนำของขดลวดที่ทำให้เกิดสภาวะ เรโซแนนซ์



วิธีทำ

หาค่าความเหนี่ยวนำของขดลวด จากสมการ

$$L = \frac{1}{4\pi^2 f_r^2 C}$$

เมื่อ

f_r = 1000 kHz = (1×10^6) Hz

C = 5.071 nF = (5.071×10^{-9}) F

$$L = \frac{1}{4\pi^2 (1\times10^6)^2 \times (5.071\times10^{-9})}$$

$$= 5 \text{ uH}$$

∴ ความเหนี่ยวนำของขดลวดที่ทำให้เกิดสภาวะ เรโซแนนซ์มีค่า 5 uH **ตอบ**

10.3.3 การคำนวณค่าตัวเก็บประจุที่ทำให้เกิดสภาวะเรโซแนนซ์

หากต้องการปรับค่าตัวเก็บประจุที่ทำให้เกิดสภาวะ เรโซแนนซ์สามารถทำได้โดยสมการที่ 10-6 ซึ่งมีที่มาดังนี้

จากสมการ 10-4

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

หรือ

$$\sqrt{LC} = \frac{1}{2\pi f_r}$$

$$LC = \frac{1}{4\pi^2 f_r^2}$$

ดังนั้นวิธีหาค่าความจุของตัวเก็บประจุ ที่ทำให้เกิด สภาวะเรโซแนนซ์สามารถเขียน อยู่ในรูปได้ดัง สมการที่ 10-6

$$C = \frac{1}{4\pi^2 f_r^2 L} \qquad (10\text{-}6)$$

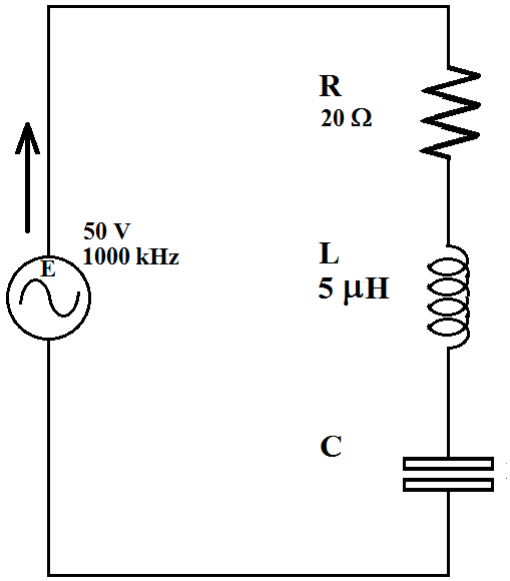
เมื่อ

C = ค่าความจุของตัวเก็บประจุ

f_r = ความถี่เรโซแนนซ์

L = ค่าความเหนี่ยวนำของขดลวด

ตัวอย่างที่ 10-3 จากรูป จงหาค่าความจุของตัวเก็บประจุที่ทำให้เกิดสภาวะเรโซแนนซ์



เมื่อ

หาค่าความจุของตัวเก็บประจุ จากสมการ

$$C = \frac{1}{4\pi^2 f_r^2 L}$$

แทนค่า

f_r = 1000 kHz = (1×10^6) Hz

L = 5 μH = (5×10^{-6}) H

$$C = \frac{1}{4\pi^2 (1\times10^6)^2 \times (5\times10^{-6})}$$

$$= 5 \quad \text{nF}$$

∴ ความจุของตัวเก็บประจุที่ทำให้เกิดสภาวะ เรโซแนนซ์มีค่า 5 nF **ตอบ**

10.4 การเกิดสภาวะเรโซแนนซ์ในวงจรขนาน

เมื่อตัวต้านทาน ขดลวดเหนี่ยวนำ และตัวเก็บประจุ ในรูปแบบของวงจรอนุกรม เมื่อเกิดสภาวะเรโซแนนซ์ จะทำให้ค่าเพาเวอร์เฟคเตอร์เท่ากับ 1 (ค่าความต้านทาน=ค่าอิมพิแดนซ์ของวงจร) เรามีวิธีการทำให้วงจรเกิดสภาวะเรโซแนนซ์ได้ดังนี้

10.4.1 การคำนวณค่าความถี่ที่ทำให้เกิดสภาวะเรโซแนนซ์

หากต้องการหาค่าความถี่ที่ทำให้เกิดสภาวะ เรโซแนนซ์สามารถทำได้โดยสมการ 10-7

$$X_L = X_C$$

$$2\pi f_r L = \frac{1}{2\pi f_r C}$$

$$f_r^2 = \frac{1}{(2\pi)^2 LC}$$

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

สมการที่ 10-7

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \qquad (10\text{-}7)$$

เมื่อ

f_r = ความถี่เรโซแนนซ์

L = ค่าความเหนี่ยวนำของขดลวด

C = ค่าความจุของตัวเก็บประจุ

ตัวอย่างที่ 10-4 วงจรขนานประกอบด้วย ตัวต้านทาน 10 Ω ขดลวดเหนี่ยวนำ 0.2 H และตัวเก็บประจุ 220 μF จงหาค่าความถี่ที่ทำให้เกิดสภาวะ เรโซแนนซ์

วิธีทำ

หาค่า ความถี่เรโซแนนซ์ จากสมการ

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

เมื่อ

L = 0.2 H

C = 220 μF

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{0.2\times(220\times10^{-6})}}$$
$$= 24.038 \text{ Hz}$$

$\therefore$ ความถี่ที่ทำให้เกิดสภาวะ เรโซแนนซ์มีค่า 24.038 Hz **ตอบ**

10.4.2 การคำนวณค่าขดลวดเหนี่ยวนำที่ทำให้เกิดสภาวะเรโซแนนซ์

หากต้องการปรับค่าขดลวดเหนี่ยวนำที่ทำให้เกิดสภาวะเรโซแนนซ์สามารถทำได้โดยสมการที่ 10-5 ซึ่งมีที่มาดังนี้

จากสมการ 10-7

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

หรือ

$$\sqrt{LC} = \frac{1}{2\pi f_r}$$

$$LC = \frac{1}{4\pi^2 f_r^2}$$

ดังนั้นวิธีหาค่าความเหนี่ยวนำของขดลวด ที่ทำให้เกิดสภาวะเรโซแนนซ์ สามารถเขียนอยู่ในรูปได้ดัง สมการ 10-8

สมการที่ 10-8

$$L = \frac{1}{4\pi^2 f_r^2 C} \qquad (10\text{-}8)$$

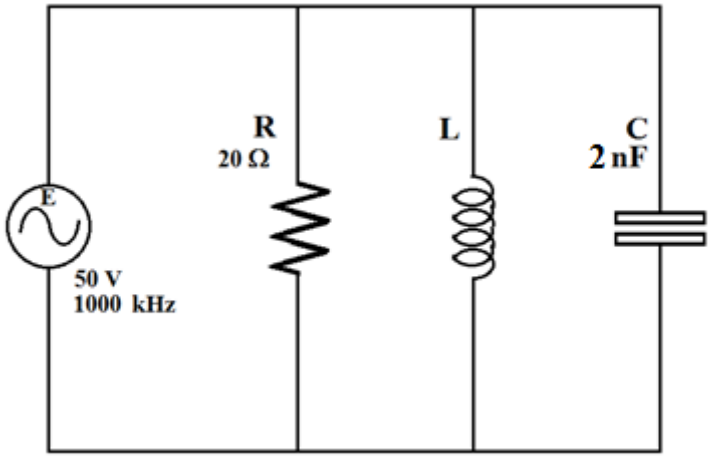
เมื่อ

L = ค่าความเหนี่ยวนำของขดลวด

f_r = ความถี่เรโซแนนซ์

C = ค่าความจุของตัวเก็บประจุ

ตัวอย่างที่ 10-5 จากรูป จงหาค่าขดลวดเหนี่ยวนำที่ทำให้เกิดสภาวะเรโซแนนซ์



วิธีทำ

หาค่าความเหนี่ยวนำของขดลวด จากสมการ

$$L = \frac{1}{4\pi^2 f_r^2 C}$$

เมื่อ

f_r = 1000 kHz = (1×10^6) Hz

C = 2 nF = (2×10^{-9}) F

$$L = \frac{1}{4\pi^2 (1\times10^6)^2 \times (2\times10^{-9})}$$

$$= 3.1 \text{ uH}$$

∴ ความเหนี่ยวนำของขดลวดที่ทำให้เกิดสภาวะ เรโซแนนซ์มีค่า 3.1 uH **ตอบ**

10.4.3 การคำนวณค่าตัวเก็บประจุที่ทำให้เกิดสภาวะเรโซแนนซ์

หากต้องการปรับค่าตัวเก็บประจุที่ทำให้เกิดสภาวะ เรโซแนนซ์สามารถทำได้โดยสมการที่ 10-9 ซึ่งมีที่มาดังนี้

จากสมการ 10-7

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

หรือ

$$\sqrt{LC} = \frac{1}{2\pi f_r}$$

$$LC = \frac{1}{4\pi^2 f_r^2}$$

ดังนั้นวิธีหาค่าความจุของตัวเก็บประจุ ที่ทำให้เกิด สภาวะเรโซแนนซ์สามารถเขียน อยู่ในรูปได้ดังสมการที่ 10-9

$$C = \frac{1}{4\pi^2 f_r^2 L} \qquad (10\text{-}9)$$

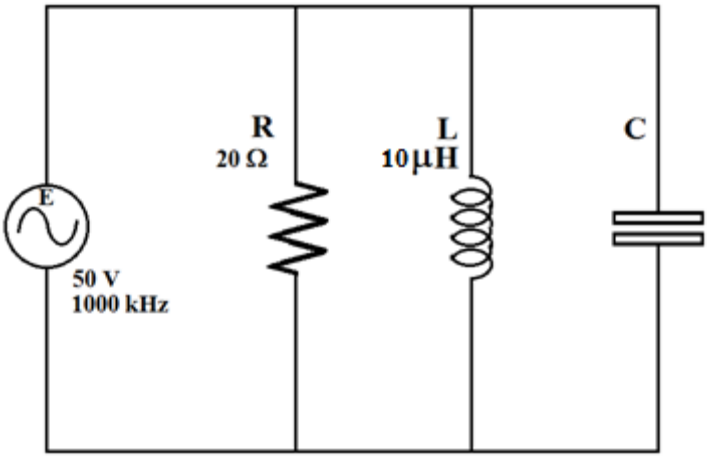
เมื่อ

C = ค่าความจุของตัวเก็บประจุ

f_r = ความถี่เรโซแนนซ์

L = ค่าความเหนี่ยวนำของขดลวด

ตัวอย่างที่ 10-6 จากรูป จงหาค่า จงหาของตัวเก็บประจุที่ทำให้เกิดสภาวะเรโซแนนซ์



วิธีทำ

หาค่าความจุของตัวเก็บประจุ จากสมการ

$$C = \frac{1}{4\pi^2 f_r^2 L}$$

เมื่อ

$f_r = 1000\ \text{kHz} = (1\times10^{6})\ \text{Hz}$

$L = 10\ \mu\text{H} = (10\times10^{-6})\ \text{H}$

$$C = \frac{1}{4\pi^2(1\times10^{6})^2\times(10\times10^{-6})}$$
$$= 630 \quad \text{pF}$$

∴ ความจุของตัวเก็บประจุที่ทำให้เกิดสภาวะ เรโซแนนซ์มีค่า 630 pF **ตอบ**

10.5 วงจรฟิลเตอร์

วงจรฟิลเตอร์หรือวงจรกรองความถี่ หมายถึงวงจรที่สามารถเลือกให้สัญญาณไฟฟ้าที่มีความถี่ที่ต้องการผ่านไปได้ หรือตัดสัญญาณไฟฟ้าที่มีความถี่ที่ไม่ต้องการออกไป โดยพื้นฐานประกอบด้วยอุปกรณ์พาสซีฟ ประเภท ตัวต้านทาน ตัวเก็บประจุไฟฟ้า และขดลวดเหนี่ยวนำ

จากคุณสมบัติของตัวต้านทาน ขดลวดเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุเราสามารถนำมาอธิบายให้เข้าใจได้ง่ายจากตารางดังนี้

ตารางที่ 10.1 ตารางสรุปค่าคุณสมบัติทางความถี่ของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

อุปกรณ์	**ค่าความต้านทานทางไฟฟ้ากระแสสลับ**	**ความถี่ต่ำ**	**ความถี่สูง**
ขดลวดเหนี่ยวนำ (L)	อินดัคทีฟรีแอคแตนซ์ (X_L)	ผ่านได้ดี (ค่า X_L จะต่ำ)	ผ่านไม่ดี (ค่า X_L จะสูง)
ตัวเก็บประจุ (C)	คาปาซิทีฟรีแอคแตนซ์ (X_C)	ผ่านไม่ดี (ค่า X_C จะสูง)	ผ่านดี (ค่า X_C จะต่ำ)
ตัวต้านทาน (R)	ความต้านทาน (R)	ไม่มีผล (ค่า R สูง ความถี่ผ่านได้ดี) (ค่า R ต่ำ ความถี่ผ่านได้ดี)	ไม่มีผล (ค่า R สูง ความถี่ผ่านได้ดี) (ค่า R ต่ำ ความถี่ผ่านได้ดี)

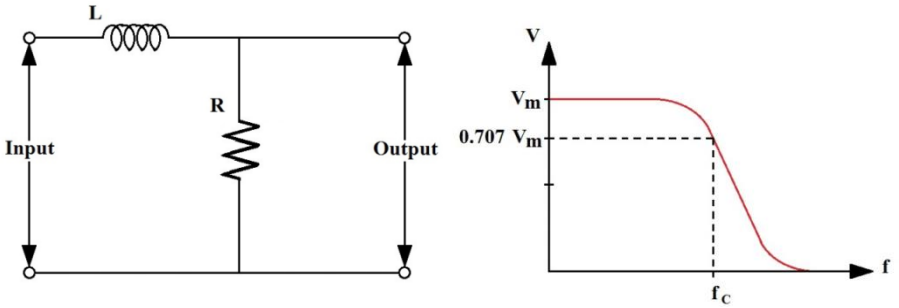
10.5.1 วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน(Low pass filter) คือวงจรที่ยอมให้ความถี่ต่ำกว่ากำหนดผ่านไปได้ ส่วนความถี่ที่สูงกว่าที่กำหนดผ่านไปได้ยาก โดยพื้นฐานอาจใช้ ตัวต้านทานกับขดลวดเหนี่ยวนำ หรือใช้ตัวต้านทานกับตัวเก็บประจุไฟฟ้า

10.5.1.1 วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน ตัวต้านทานอนุกรมกับขดลวดเหนี่ยวนำดังรูปที่ 10.8 (ก) ใช้แรงดันตกคร่อมตัวต้านทานเป็น Output

เมื่อสัญญาณไฟฟ้าความถี่ต่ำถูกป้อนเข้ามาที่ Input ค่าอินดัค-ตีฟรีแอคแตนซ์ ของขดลวดเหนี่ยวนำจะลดต่ำลงส่งผลให้ระดับแรงดันสัญญาณไฟฟ้าความถี่ต่ำดังกล่าว ส่วนใหญ่สามารถไหล

ผ่านขดลวดเหนี่ยวนำมาตกคร่อมที่ตัวต้านทาน หรือเรียกได้ว่าสัญญาณไฟฟ้าความถี่ต่ำสามารถไหลผ่านจาก Input มาออกทาง Output ได้ดี

ในทางตรงข้ามเมื่อสัญญาณไฟฟ้าความถี่สูงถูกป้อนเข้ามาที่ Input ค่าอินดัคตีฟรีแอคแตนซ์ของขดลวดเหนี่ยวนำจะเพิ่มสูงขึ้นทำให้ระดับแรงดันสัญญาณไฟฟ้าดังกล่าว ส่วนใหญ่ตกคร่อมที่ขดลวดเหนี่ยวนำ ทำให้ตัวต้านทานมีแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมน้อย หรือเรียกได้ว่าสัญญาณไฟฟ้าความถี่สูงไม่สามารถไหลผ่านขดลวดเหนี่ยวนำทาง Input มาออกทา Output ได้ แสดงดังรูปที่ 10.5 (ข)



(ก) วงจรกรองความถี่ต่ำผ่านแบบ R-L (ข) กราฟการตอบสนองความถี่

รูปที่ 10.5 วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน R-L

จากรูป10.5 (ข) เราจะสังเกตเห็นว่าที่จุดความถี่คัทออฟ (fc) คือความถี่ที่จะถูกตัดทิ้ง ตามหลักการเลือกความถี่จะได้ว่า $V_R = 0.707\ Vm$ เรียกได้ว่าที่กำลังอินพุตมีกำลังไฟฟ้าเป็นสองเท่าของกำลังไฟฟ้าด้านเอาท์พุต หรือค่าอินดัคทีฟรีแอคแตนซ์ที่ตัวเหนี่ยวนำเท่ากับขดลวดพอดี ดังนั้นที่ความถี่คัทออฟ (fc) จะได้

$$X_L = R$$

$$2\pi fL = R$$

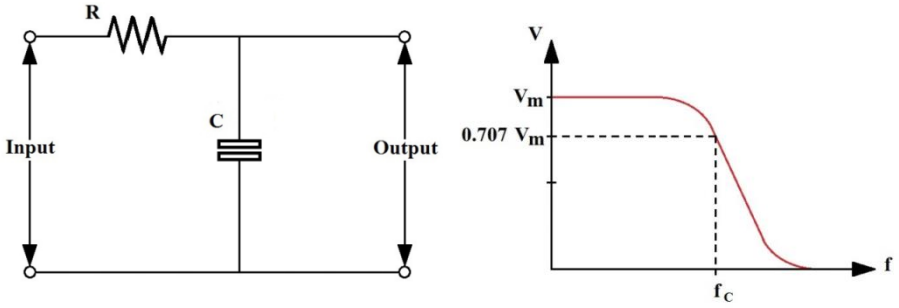
$$f_c = \frac{R}{2\pi L}$$

ในทางปฏิบัติจะไม่นิยมใช้ ตัวต้านทานกับขดลวดเหนี่ยวนำ เนื่องจากตัวขดลวดเหนี่ยวนำมีขนาดใหญ่ ราคาแพงและสร้างได้ยาก โดยนิยมใช้วงจรตัวต้านทานอนุกรมตัวเก็บประจุซึ่งสามารถสร้างวงจรได้ง่ายกว่า

10.5.1.2 วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน ตัวต้านทานอนุกรมกับตัวเก็บประจุไฟฟ้าดังรูปที่ 10.6 (ก) ใช้แรงดันตกคร่อมตัวเก็บประจุไฟฟ้าเป็น Output

เมื่อสัญญาณไฟฟ้าความถี่ต่ำถูกป้อนเข้ามาที่ Input ตัวเก็บประจุจะมีค่าคาปาซีตีฟรีแอคแตนซ์เพิ่มสูงขึ้น ทำให้สัญญาณไฟฟ้าความถี่ต่ำไม่สามารถไหลผ่านคาปาซิเตอร์ลัดลงกราวน์ได้ ส่งผลให้ Output มีระดับแรงดันตกคร่อมตัวเก็บประจุสูงขึ้นมาก หรือเรียกได้ว่าสัญญาณไฟฟ้าความถี่ต่ำสามารถผ่านออกทาง Output ได้ดี

เมื่อสัญญาณไฟฟ้าความถี่สูงถูกป้อนเข้ามาที่Input ค่าคาปาซีตีฟรีแอคแตนซ์ของตัวเก็บประจุไฟฟ้าลดต่ำลง ทำให้สัญญาณไฟฟ้าความถี่สูงไหลผ่านคาปาซิเตอร์ลงกราวน์ ส่งผลให้ Output มีระดับแรงดันตกคร่อมตัวเก็บประจุต่ำลงมาก หรือเรียกได้ว่าไม่มีสัญญาณไฟฟ้าความถี่สูงออกมาทาง Output ดังแสดงให้เห็นดังรูปที่ 10.6 (ข)



(ก) วงจรกรองความถี่ต่ำผ่านแบบ R-C (ข) กราฟการตอบสนองความถี่

รูปที่ 10.6 วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน R-C

จากรูป10.6 (ข) เราจะสังเกตเห็นว่าที่จุดความถี่คัทออฟ (fc) คือความถี่ที่จะถูกตัดทิ้ง ตามหลักการเลือกความถี่จะได้ว่า VR = 0.707 Vm หรือเรียกได้ว่าที่กำลังอินพุตมีกำลังไฟฟ้าเป็นสองเท่าของกำลังไฟฟ้าด้านเอาท์พุต หรือกำลังไฟฟ้าที่ตัวเหนี่ยวนำเท่ากับขดลวดพอดี ดังนั้นที่ความถี่คัทออฟ (fc) จะได้

$$XC = R$$

$$\frac{1}{2\pi f C} = R$$

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC}$$

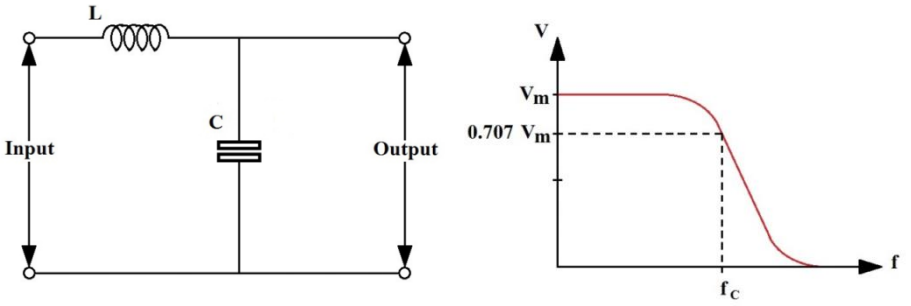
ในทางปฏิบัติวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านแบบตัวต้านทานอนุกรมกับตัวเก็บประจุสามารถสร้างได้ง่าย นิยมนำมาใช้มากกว่าวงจรที่ต้องใช้ขดลวดเหนี่ยวนำมาออกแบบ เนื่องจากค่าตัวเก็บประจุสามารถหาได้ง่ายและมีใช้งานกันอย่างแพร่หลาย

10.5.1.3 วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน ขดลวดเหนี่ยวนำ อนุกรมกับตัวเก็บประจุไฟฟ้า ดังแสดงในรูปที่ 10.7 (ก)

เมื่อป้อนสัญญาณไฟฟ้าความถี่ต่ำเข้าวงจร ขดลวดเหนี่ยวนำจะมีค่าอินดัคตีฟรีแอคแตนซ์ต่ำแต่ตัวเก็บประจุไฟฟ้าจะมีค่าคาปาซีตีฟรีแอคแตนซ์สูง ทำให้ความถี่ต่ำผ่านไปที่ Output ได้สะดวกและไม่ถูกผ่านตัวเก็บประจุลงกราวด์ เนื่องจากค่าคาปาซิทีฟรีแอคแตนซ์มีค่าสูง

เมื่อสัญญาณไฟฟ้าความถี่สูงถูกป้อนเข้ามาทาง Input ของวงจร ขดลวดเหนี่ยวนำจะมีค่าอินดัคตีฟรีแอคแตนซ์สูงขึ้น แต่ตัวเก็บประจุไฟฟ้าจะมีค่าคาปาซีตีฟรีแอคแตนซ์ลดต่ำลง ทำให้

สัญญาณไฟฟ้าความถี่สูงส่วนใหญ่ไม่สามารถผ่านขวดลวดเหนี่ยวนำมาได้ ส่งผลให้ Output ลดลง หรือเรียกได้ว่าไม่มีสัญญาณไฟฟ้าความถี่สูงออกมาทาง Output ดังรูปที่ 10.7 (ข)



(ก) วงจรกรองความถี่ต่ำผ่านแบบ L-C (ข) กราฟการตอบสนองความถี่

รูปที่ 10.7 วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน L-C

จากรูป10.7 (ข) เราจะสังเกตเห็นว่าที่จุดความถี่คัทออฟ (f_c) คือความถี่ที่จะถูกตัดทิ้ง ตามหลักการเลือกความถี่จะได้ว่า $V_L = 0.707$ Vm หรือเรียกได้ว่าที่กำลังอินพุตมีกำลังไฟฟ้าเป็นสองเท่าของกำลังไฟฟ้าด้านเอาท์พุต หรือกำลังไฟฟ้าที่ตัวเหนี่ยวนำเท่ากับขดลวดพอดี ดังนั้นที่ความถี่คัทออฟ (f_c) จะได้

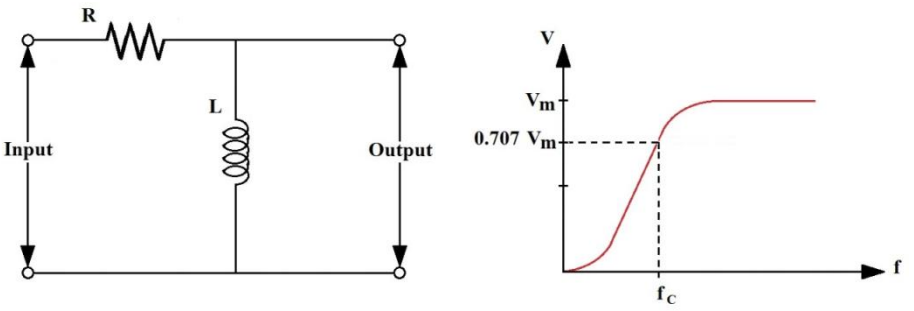
$$f_C = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

10.5.2 วงจรกรองความถี่สูงผ่าน(High pass filter) คือวงจรที่ยอมให้ความถี่สูงกว่ากำหนดผ่านไปได้ ส่วนความถี่ที่ต่ำกว่าที่กำหนดผ่านไปได้ยาก โดยพื้นฐานอาจใช้ ตัวต้านทานกับขดลวดเหนี่ยวนำ หรือใช้ตัวต้านทานกับตัวเก็บประจุไฟฟ้า

10.6.2.1 วงจรกรองความถี่สูงผ่าน ตัวต้านทานอนุกรมกับขดลวดเหนี่ยวนำดังรูปที่ 10.8 (ก) ใช้แรงดันตกคร่อมขดลวดเหนี่ยวนำเป็นOutput

เมื่อสัญญาณไฟฟ้าความถี่ต่ำถูกป้อนเข้ามาที่Input ค่าอินดัค-ตีฟรีแอคแตนซ์ ของขดลวดเหนี่ยวนำจะลดต่ำลงส่งผลให้ระดับสัญญาณไฟฟ้าความถี่ต่ำถูกลัดผ่านขดลวดเหนี่ยวนำลงกราวน์ดังกล่าว ทำให้แรงดันไฟฟ้าความถี่ต่ำส่วนใหญ่ไปตกคร่อมที่ตัวต้านทาน ทำให้ Output จึงมีค่าต่ำหรือเรียกได้ว่าไม่มีสัญญาณไฟฟ้าความถี่ต่ำออกมาทาง Output

ในทางตรงข้ามเมื่อสัญญาณไฟฟ้าความถี่สูงถูกป้อนเข้ามาที่ Input ค่าอินดัคตีฟรีแอคแตนซ์ของขดลวดเหนี่ยวนำจะเพิ่มสูงขึ้นทำให้ระดับแรงดันสัญญาณไฟฟ้าความถี่สูงไม่สามารถลัดผ่านลงกราวน์ได้ ทำให้สัญญาณไฟฟ้าความถี่สูงส่วนใหญ่ตกคร่อมที่ขดลวดเหนี่ยวนำ Output จึงมีสัญญาณไฟฟ้าความถี่สูงออกมาทาง Output ดังแสดงให้เห็นดังรูปที่ 10.8 (ข)



(ก) วงจรกรองความถี่สูงผ่านแบบ R-L (ข) กราฟการตอบสนองความถี่

รูปที่ 10.8 วงจรกรองความถี่สูงผ่าน R-L

จากรูปเราจะเห็นได้ว่าถ้าค่าความถี่ที่ป้อนต่ำกว่าค่าความถี่คัทออฟจะถูกบายพาสผ่านลงกราวน์ ทำให้ทางเอาท์พุตไม่มีสัญญาณ หรือเรียกได้ว่าจุดที่ค่าความถี่คัทออฟจะมีค่าแรงดัน 0.707 Vm หรือเรียกได้ว่าค่าอินดัคทีฟรีแอคแตนซ์มีค่าเท่ากับค่าความต้านทาน โดยเราสามารถนำมาเขียนสมการได้ดังนี้

$$X_L = R$$

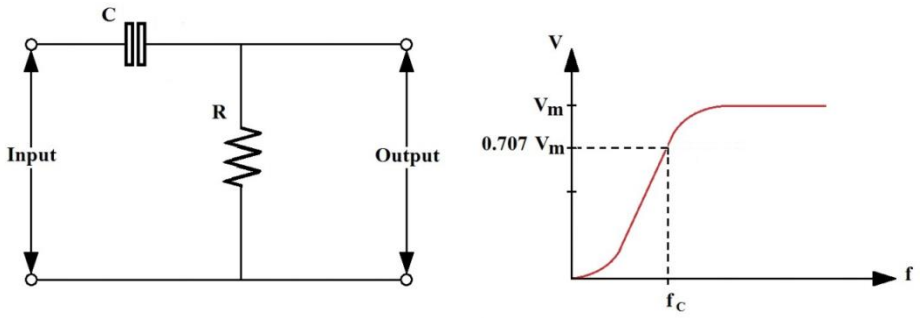
$$2\pi fL = R$$

$$f_c = \frac{R}{2\pi L}$$

10.6.2.2 วงจรกรองความถี่สูงผ่าน ตัวต้านทานอนุกรมกับตัวเก็บประจุไฟฟ้า ดังรูปที่ 10.9 (ก) ใช้แรงดันตกคร่อมตัวตัวต้านทานเป็น Output

เมื่อสัญญาณไฟฟ้าความถี่ต่ำถูกป้อนเข้ามาที่Input ค่าคาปาซีตีฟรีแอคแตนซ์ของตัวเก็บประจุไฟฟ้าเพิ่มสูงขึ้นส่งผลให้ระดับแรงดันของสัญญาณไฟฟ้าส่วนใหญ่มาตกคร่อมที่ตัวเก็บประจุไฟฟ้า ทำให้ไม่มีสัญญาณไฟฟ้าความถี่ต่ำไหลผ่านตัวเก็บประจุ หรือเรียกได้ว่าไม่มีสัญญาณไฟฟ้าความถี่ต่ำไหลผ่านมาออกทาง Output

ในทางตรงข้ามเมื่อสัญญาณไฟฟ้าความถี่สูงถูกป้อนเข้ามาที่Input ค่าคาปาซีตีฟรีแอคแตนซ์ของตัวเก็บประจุไฟฟ้าลดระดับแรงดันของสัญญาณไฟฟ้าส่วนใหญ่จะไปตกคร่อมที่ตัวต้านทานจึงทำให้สัญญาณไฟฟ้าความถี่สูงสามารถไหลผ่านออกมายัง Output ได้ดี ดังแสดงให้เห็นดังรูปที่ 10.9 (ข)



(ก) วงจรกรองความถี่สูงผ่านแบบ R-L (ข) กราฟการตอบสนองความถี่

รูปที่ 10.9 วงจรกรองความถี่สูง R-C

จากรูปเราจะเห็นได้ว่าถ้าค่าความถี่ที่ป้อนต่ำกว่าค่าความถี่คัทออฟจะไม่สามารถผ่านตัวเก็บประจุมาได้ทำให้ทางเอาท์พุต หรือเรียกได้ว่าจุดที่ค่าความถี่คัทออฟจะมีค่าแรงดัน 0.707 Vm โดยเราสามารถนำมาเขียนสมการได้ดังนี้

$$XC = R$$

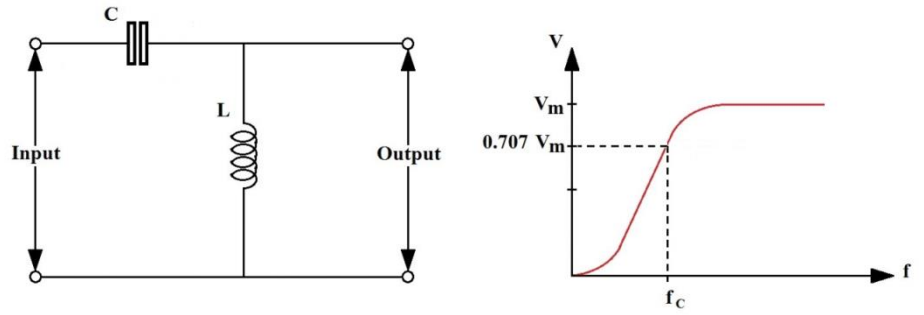
$$\frac{1}{2\pi f C} = R$$

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC}$$

10.6.2.3 วงจรกรองความถี่สูงผ่าน ขดลวดเหนี่ยวนำ อนุกรมกับตัวเก็บประจุไฟฟ้า ดังแสดงในรูปที่ 10.10 (ก)

เมื่อป้อนสัญญาณไฟฟ้าความถี่ต่ำเข้าวงจร ตัวเก็บประจุไฟฟ้าจะมีค่าคาปาซีตีฟรีแอคแตนซ์สูง แต่ขดลวดเหนี่ยวนำจะมีค่าอินดัคตีฟรีแอคแตนซ์ต่ำ ทำให้ความถี่ต่ำผ่านไปที่ Outputได้ไม่สะดวกทำให้ไม่มีสัญญาณออกมาทางเอาท์พุตได้

ในขณะที่สัญญาณไฟฟ้าความถี่สูงถูกป้อนเข้าวงจรตัวเก็บประจุไฟฟ้าจะมีค่าคาปาซีตีฟรีแอคแตนซ์ต่ำ ขดลวดเหนี่ยวนำจะมีค่าอินดัคตีฟรีแอคแตนซ์สูงขึ้นส่วน ตัวเก็บประจุไฟฟ้าจะมีค่าคาปาซีตีฟรีแอคแตนซ์ลดต่ำลง ทำให้ความถี่สูงผ่าน Outputได้สะดวกและไม่และถูกผ่านลงกราวด์ดังรูปที่ 10.10 (ข)



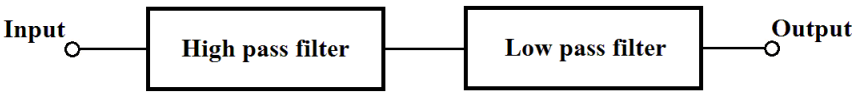
(ก) วงจรกรองความถี่สูงผ่านแบบ L-C (ข) กราฟการตอบสนองความถี่

รูปที่ 10.10 วงจรกรองความถี่สูงผ่าน L-C

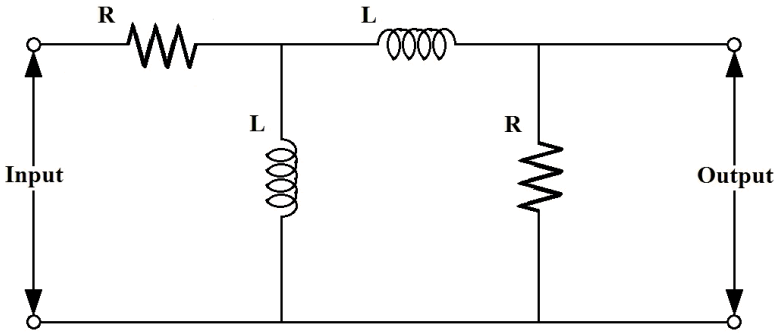
จากรูปที่ 10.10 (ข) เราจะสังเกตเห็นว่าที่จุดความถี่คัทออฟ (f_c) คือความถี่ที่จะถูกตัดทิ้ง ตามหลักการเลือกความถี่จะได้ว่า $V_C = 0.707\ Vm$ หรือเรียกได้ว่าที่กำลังอินพุตมีกำลังไฟฟ้าเป็นสองเท่าของกำลังไฟฟ้าด้านเอาท์พุต หรือกำลังไฟฟ้าที่ตัวเหนี่ยวนำเท่ากับขดลวดพอดี ดังนั้นที่ความถี่คัทออฟ (f_c) จะได้

$$f_C = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

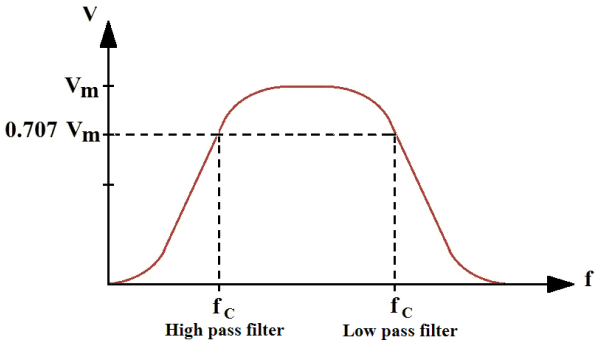
10.5.3 วงจรกรองย่านความถี่ผ่าน(Band pass filter) คือวงจรที่ยอมให้ความถี่ในช่วงที่กำหนดสามารถผ่านวงจรไปได้โดยที่ช่วงความถี่นี้ค่าแรงดันด้าน Output จึงมีค่าสูง ส่วนความถี่อื่นนอกจากช่วงที่กำหนดจะผ่านวงจรไปได้ยากค่าแรงดันด้าน Output จะมีค่าต่ำ หลักการทำงานจะใช้วงจรกรองความถี่สูงอยู่ทางด้าน Input เพื่อทำการตัดสัญญาณ ที่มีความถี่ต่ำกว่าที่กำหนด ส่วนความถี่ที่สูงเกินกว่าความต้องการก็จะใช้วงจรกรองความถี่ต่ำมาทำการตัดทิ้งอีกครั้งดังบล็อกไดอะแกรมของรูปที่ 10.11 (ข) ส่งผลให้มีรูปสัญญาณด้าน Output ดังกราฟการตอบสนองความถี่ของรูปที่ 10.11 (ค)



(ก) บล็อกไดอะแกรม



(ข) วงจรกรองย่านความถี่ผ่าน(Band pass filter)



(ค) กราฟการตอบสนองความถี่

รูปที่ 10.11 วงจรกรองย่านความถี่ผ่าน(Band pass filter)

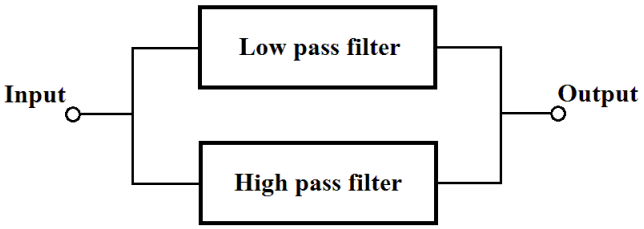
ซึ่งในวงจรรูปแบบนี้ในขั้นตอนแรก เราจะคำนวณค่าสัญญาณไฟฟ้าความถี่ที่ต่ำกว่าที่เราต้องการบายพาสผ่านขดลวดเหนี่ยวนำลงกราวน์ ซึ่งจะมีวิธีการคำนวณค่าความถี่ที่ต้องการให้บายพาสเหมือนในวงจรกรองความถี่สูงผ่านดังสมการ

$$f_c = \frac{R}{2\pi L}$$

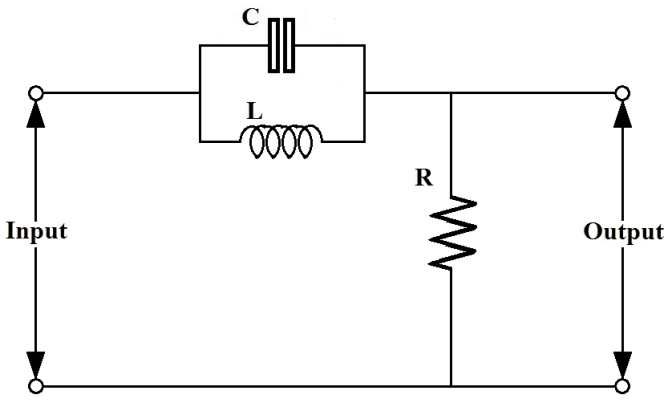
ขั้นตอนต่อมา เราจะคำนวณค่าสัญญาณไฟฟ้าเฉพาะความถี่ที่เราต้องการบายพาสผ่านขดลวดเหนี่ยวนำออกทางทางเอาท์พุต ถ้าสูงเกินกว่าที่เราต้องการจะไม่สามารถผ่านขดลวดชุดต่อมาได้ ซึ่งจะมีวิธีการคำนวณค่าความถี่ที่ต้องการให้บายพาสเหมือนในวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านดังสมการ

$$f_c = \frac{R}{2\pi L}$$

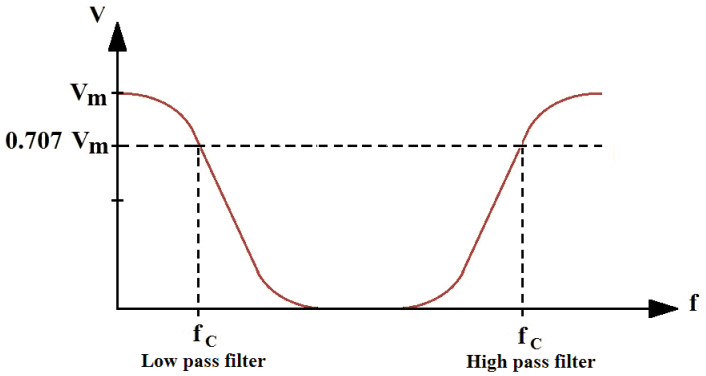
10.5.4 วงจรกรองย่านความถี่ไม่ผ่าน(Band stop filter) คือวงจรที่ไม่ยอมให้ความถี่ในช่วงที่กำหนดสามารถผ่านวงจรไปได้ ดังแสดงให้เห็น ในกราฟการตอบสนองความถี่ รูปที่10.12 (ค) ส่วนหลักการทำงานจะใช้วงจรกรองความถี่ต่ำกับความถี่สูงมาขนานกันดัง บล็อกไดอะแกรม ของรูปที่ 10.12 (ก) เพื่อทำการตัดสัญญาณในช่วงที่ไม่ต้องการออกไป



(ก) บล็อกไดอะแกรม



(ข) วงจรกรองย่านความถี่ไม่ผ่าน(Band stop filter)



(ค) กราฟการตอบสนองความถี่

รูปที่ 10.12 วงจรกรองย่านความถี่ไม่ผ่าน(Band stop filter)

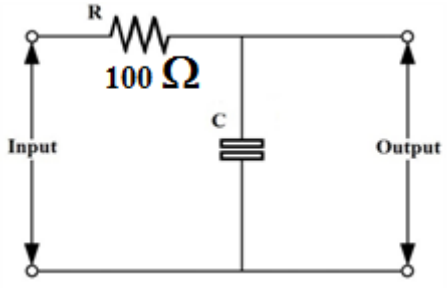
ซึ่งในวงจรรูปแบบนี้ เราจะกำหนดค่าเฉพาะสัญญาณไฟฟ้าความถี่ที่เราไม่ต้องการให้ผ่านออกมาทางเอาท์พุตได้ ส่วนสัญญาณไฟฟ้าความถี่อื่นๆสามารถบายพาสผ่านมาทางเอาท์พุตได้ จะเห็นได้ว่าวงจรจะมีขดลวดเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุต่อขนานกันอยู่ ซึ่งเราจะต้องกำหนดให้ค่าความถี่ที่เราไม่ต้องการให้ผ่าน เป็นความถี่เรโซแนนซ์ ซึ่งวิธีในการคำนวณก็จะเป็นเช่นเดียวกับวงจรเรโซแนนซ์คือ

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

10.6 การออกแบบวงจรฟิลเตอร์

ในการออกแบบวงจรฟิลเตอร์เพื่อใช้งานตามรูปแบบที่เราต้องการนั้น จะมีใช้หลักการคำนวณพื้นฐานตามสมการที่ผ่านมาโดยมีขั้นตอนการออกแบบได้ตามตัวอย่างต่อไปนี้

ตัวอย่างที่ 10-7 จากรูปออกแบบวงจรวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านย่านความถี่ 500 Hz



วิธีทำ

จาก R = 100 Ω

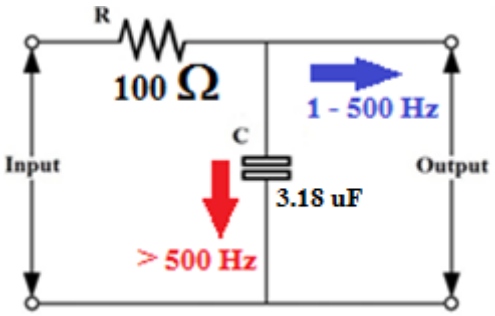
f = 500 Hz

$f_c = \frac{1}{2\pi RC}$

$$C = \frac{1}{2\pi f R}$$

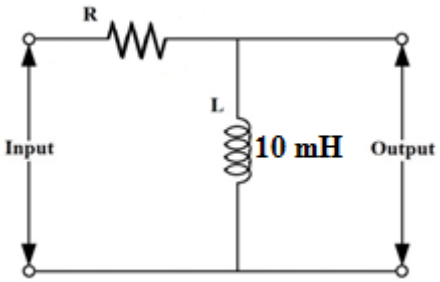
$$C = \frac{1}{2x3.14x500x100}$$

C = 3.18 uF



ถ้าเราเลือกใช้ตัวเก็บประจุ ค่า 3.18 uF จะทำให้ความถี่ที่สามารถผ่านออกมาทางเอาท์พุตของวงจรได้คือย่านความถี่ 0-500 Hz แสดงดังรูป **ตอบ**

ตัวอย่างที่ 10-8 จากรูปออกแบบวงจรวงจรกรองความถี่สูงผ่านย่านความถี่ 10 KHz



วิธีทำ

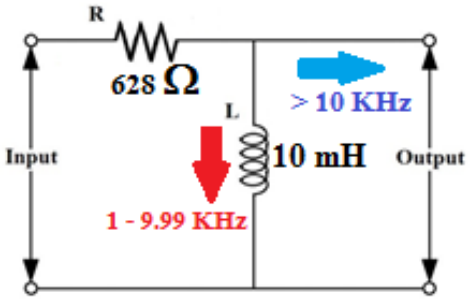
จาก L = 10 mH

f = 10 KHz

R = $2\pi fL$

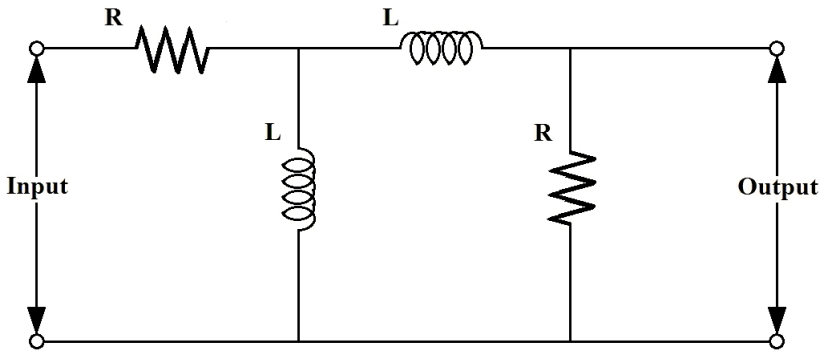
R = 2 x 3.14 x 10,000 x 0.010

R = 628 Ω



ถ้าเราเลือกใช้ตัวต้านทานค่า 628 Ω จะทำให้ความถี่สูงสามารถผ่านออกมาทางเอาท์พุตของวงจรได้คือตั้งแต่ความถี่ 1 KHz ขึ้นไป แสดงดังรูป **ตอบ**

ตัวอย่างที่ 10-9 จากรูปออกแบบวงจรกรองย่านความถี่ผ่าน 500 - 1KHz



วิธีทำ

สเตจที่ 1 กำหนดให้ความถี่ต่ำกว่า 500 Hz ถูก L บายพาสลงกราวน์

เลือกใช้ L = 10 mH

f = 500 Hz

จากสูตร R = $2\pi fL$

R = 2 x 3.14 x 500 x 0.010

R = 31.4 Ω

สเตจที่ 2 กำหนดให้ความถี่ต่ำกว่า 1 KHz ถูก L บายพาสผ่านออกทางเอาท์พุต

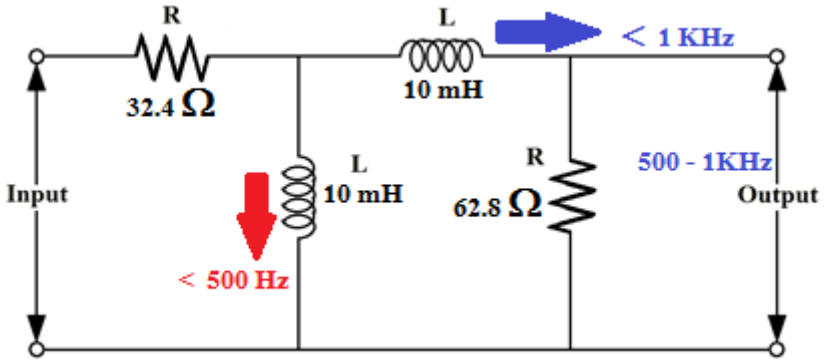
เลือกใช้ L = 10 mH

f = 1 KHz

จากสูตร R = $2\pi fL$

R = 2 x 3.14 x 1000 x 0.010

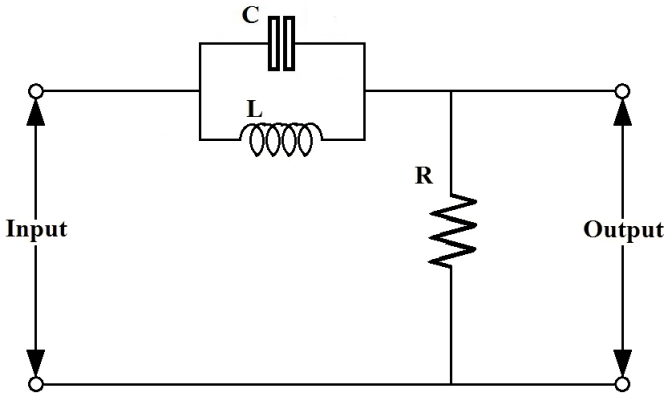
R = 62.8 Ω



ถ้าเราเลือกใช้ตัวต้านทานในสเตจที่ 1 ค่า 31.4 Ω จะทำให้ความถี่ที่ต่ำกว่าความถี่ 500 Hz ถูกขดลวดเหนี่ยวนำบายพาสลงกราวน์

ถ้าเราเลือกใช้ตัวต้านทานในสเตจที่ 2 ค่า 62.8 Ω จะทำให้ความถี่ที่ต่ำกว่า 1 KHz สามารถบายพาสผ่านขดลวดเหนี่ยวนำออกไปทางเอาท์พุตได้ ทำให้ที่เอาท์พุตของวงจรมีความถี่ที่ออกมาแค่เฉพาะย่านตั้งแต่ 500-1 KHz เท่านั้น **ตอบ**

ตัวอย่างที่ 10-10 จากรูปต้องการออกแบบวงจรกรองย่านความถี่ไม่ผ่าน ที่ 5 KHz



วิธีทำ

เราจะกำหนดให้เฉพาะความถี่ 5 KHz ไม่สามารถผ่านได้
โดยกำหนดให้ความถี่ 5 KHz เป็นความถี่ เรโซแนนซ์ (ค่ากระแสไหลผ่านน้อยที่สุด)

จากสูตรการคำนวณหาค่าความถี่เรโซแนนซ์

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

เราจะกำหนดให้ fr = 5 KHz

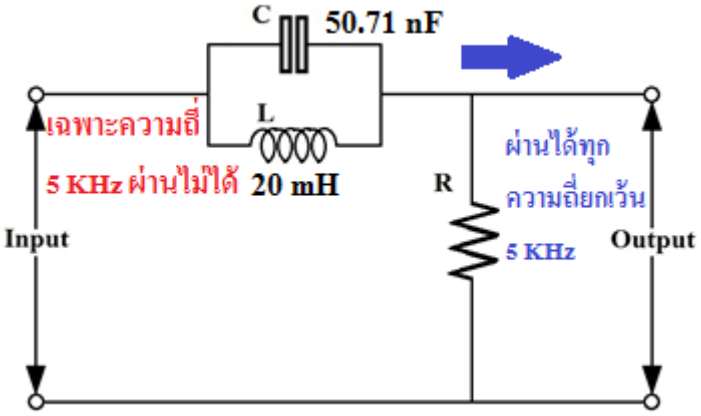
กำหนดค่า L = 20 mH

เราจะใช้คำนวณหาค่า C เนื่องจาก ในทางปฏิบัติเราสามารถหาค่าได้ง่าย

จากสูตร $C = \frac{1}{4\pi^2 f_r^2 L}$

$C = \frac{1}{4 \times 3.14^2 \times 5000^2 \times 0.020}$

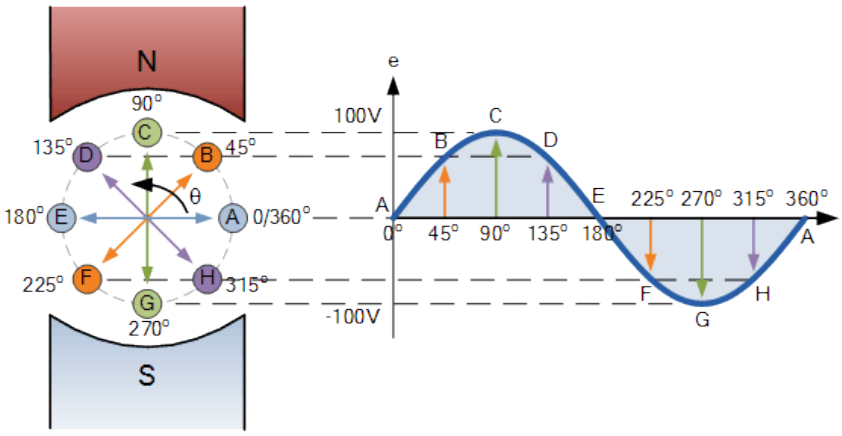
$C = 50.71$ nF **ตอบ**



10.7 ระบบของไฟฟ้ากระแสสลับ

10.7.1 ระบบไฟฟ้าหนึ่งเฟส

ระบบไฟฟ้า 1 เฟสจะมีหลักการกำเนิดแรงดันไฟฟ้าตามที่ได้กล่าวมาในบทที่ 1 แล้ว กล่าวคือ จะใช้หลักการขดลวดเคลื่อนที่ ตัดกับสนามแม่เหล็ก ระหว่างขั้วเหนือ(N) และ ขั้วใต้(S) ของแม่เหล็กถาวร ส่งผลให้เกิดการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนในขดลวดเคลื่อนที่แสดงดังรูป



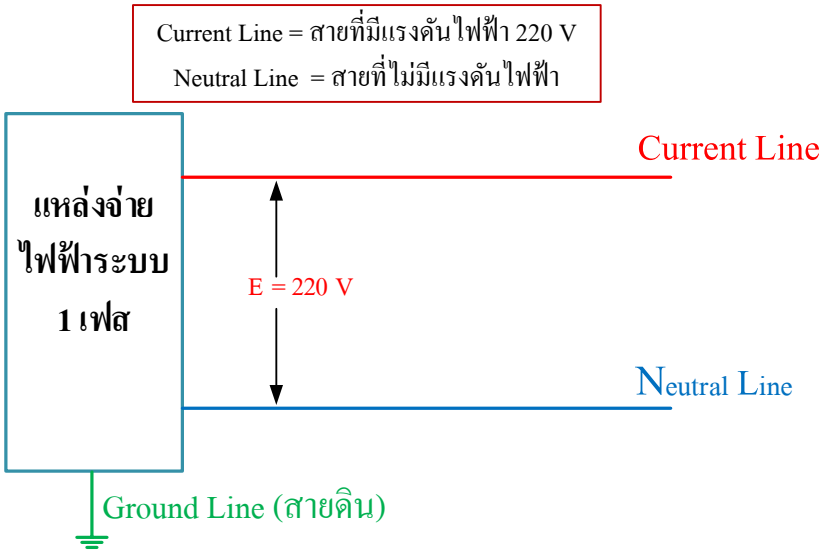
รูปที่ 10.13 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบรูปคลื่นสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับ

http://www.electronics-tutorials.ws/accircuits/acp19.gif

ระบบไฟฟ้าที่ใช้กันทั่วไปตามบ้าน หลอดไฟและอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าโดยทั่วไปในบ้านเราใช้ไฟฟ้ากระแสสลับระบบ 1 เฟส (1- phase) 2 สาย แรงดัน 220 โวลต์ ความถี่ 50 เฮิรตซ์ โดยสายจะประกอบไปด้วยสายจำนวน 2 สายคือ

1. สาย Line จะมีกระแสไฟฟ้าไหลอยู่หรือเรียกว่าสายเคอร์เรนต์ (current line)
2. สาย Neutral จะไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลอยู่หรือเรียกว่า สายนิวทรัล (neutral line)

ในบางครั้งระบบไฟฟ้า 1 เฟสที่เราใช้กันตามบ้านเรือนอาจมีการต่อสายกราวน์เพิ่มขึ้นอีก 1 เส้น เพื่อป้องกันการเกิดกระแสไฟฟ้ารั่ว ทำให้เพิ่มความปลอดภัยมากขึ้น เราสามารถสรุปการจ่ายระบบไฟฟ้ากระแสสลับ 1เฟส ได้แบบง่ายๆดังนี้

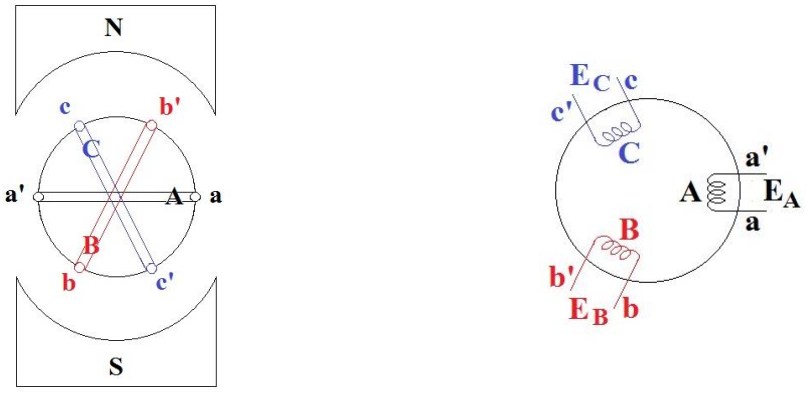


รูปที่ 10.14 แสดงการจ่ายระบบไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส

10.7.2 ระบบไฟฟ้าสามเฟส

ระบบไฟฟ้าสามเฟส ส่วนมากจะมีใช้กับเครื่องจักร ที่ต้องการกำลังไฟฟ้าสูงส่วนมากจึงใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม หรือในระบบส่งกำลังไฟฟ้า ระบบไฟฟ้า 3 เฟสยังสามารถแยกได้เป็นระบบ 3 เฟส 3 สาย และระบบ 3เฟส 4 สาย

หลักการกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส ใช้หลักการเหนี่ยวนำ โดยให้ตัวนำหมุนตัดสนามแม่เหล็ก เพื่อสร้างแรงดันไฟฟ้าขดลวดตัวนำ ซึ่งขดลวดตัวนำในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าประกอบด้วยขดลวด 3 ชุด ซึ่งขดลวดทั้ง 3 ชุด แต่ละชุดจะมีขนาดเท่ากัน จำนวนรอบเท่ากัน และพันอยู่บนแกนอาร์เมเจอร์เดียวกัน และวางทำมุมกัน 120° ดังรูปที่ 10.15



(ก) ขดลวดแต่ละชุดวางห่างกัน 120° (ข) ไดอะแกรมของขดลอดทั้งสามชุด

รูปที่ 10.15 โครงสร้างขดลวดตัวนำ

ที่มา : วัชรี ปิ่นทอง. **วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ.**สำนักพิมพ์เอมพันธ์ จำกัด, 2547. หน้า 318.

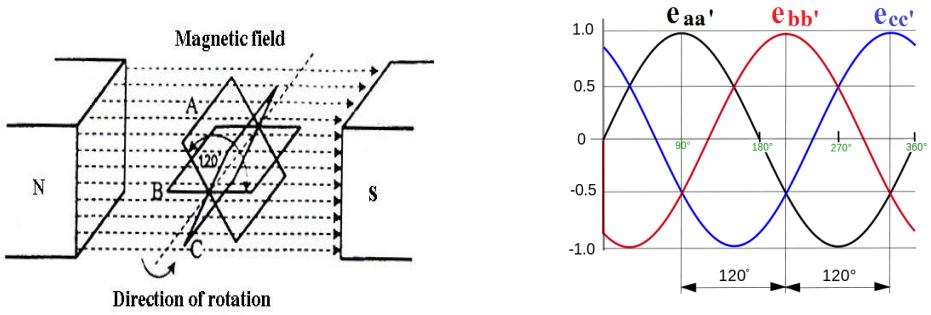
จากรูปที่ 10.15 (ข) จะเห็นว่าปลายสายของขดลวดทั้ง 3 ชุดรวมเป็น 6 ปลายสาย ในการคำนวณหาค่าต่าง ๆ ในระบบไฟฟ้า 3 เฟส จึงต้องกำหนดชื่อเรียกขดลวดแต่ละชุดดังนี้

ขดลวดชุดแรก คือ ขดลวดที่มีต้นขดแทนด้วย a และปลายขดแทนด้วยอักษร a′ จะเรียกว่าขด A หรือ เฟส A

ขดลวดชุดที่สอง คือ ขดลวดที่มีต้นขดแทนด้วย b และปลายขดแทนด้วยอักษร b′ จะเรียกว่าขด B หรือ เฟส B

และขดลวดชุดที่สาม คือขดลวดที่มีต้นขดแทนด้วยอักษร c และปลายขดแทนด้วยอักษร c′ จะเรียกว่าขด C หรือเฟส C

ดังนั้นจากหลักการเมื่อมีต้นกำลังขับให้อาร์เมเจอร์หมุนตัดกับสนามแม่เหล็ก ขดลวดทั้ง 3 ชุด จะสร้างแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำเป็นรูปคลื่นไซน์ 3 รูปคลื่น โดยรูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำของขดลวดแต่ละชุดจะต่างเฟสซึ่งกันและกันเป็นมุม 120° เป็นเช่นนี้ไปทุก ๆ รอบ การหมุนอาร์เมเจอร์และมีความถี่เท่ากัน ดังรูปที่ 10.16



(ก) โครงสร้าง (ข) รูปคลื่น

รูปที่ 10.16 โครงสร้างและรูปคลื่นแรงดันจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 3 เฟส

ที่มา : วัชรี ปิ่นทอง. **วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ.**สำนักพิมพ์เอมพันธ์ จำกัด, 2547. หน้า 319.

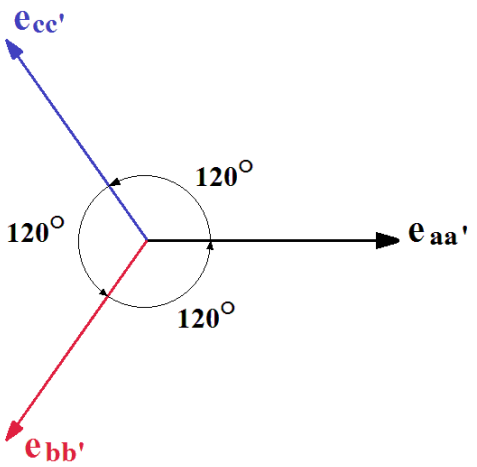
การวางตำแหน่งของขดลวดทั้ง 3 ชุด ทำให้แรงดันไฟฟ้า $e_{bb'}$ ล้าหลัง $e_{aa'}$ เป็นมุม 120° และ $e_{cc'}$ ล้าหลัง $e_{bb'}$ เป็นมุม 120° เริ่มต้นที่ $t = 0$ เขียนสมการชั่วขณะและสมการเฟสเซอร์ได้ดังนี้

ตารางที่ 10-2 การเขียนสมการชั่วขณะและสมการเฟสเซอร์

สมการชั่วขณะ	สมการเฟสเซอร์
$e_{aa'} = E_m \sin(\omega t + 0^\circ)$	$e_{aa'} = \frac{E_m}{\sqrt{2}} \angle 0^\circ = E \angle 0^\circ$
$e_{bb'} = E_m \sin(\omega t - 120^\circ)$	$e_{bb'} = \frac{E_m}{\sqrt{2}} \angle -120^\circ = E \angle -120^\circ$
$e_{cc'} = E_m \sin(\omega t - 240^\circ)$	$e_{cc'} = \frac{E_m}{\sqrt{2}} \angle -240^\circ = E \angle -240^\circ$

เมื่อ e = แรงดันชั่วขณะ

จากสมการเฟสเซอร์เขียนไดอะแกรมของเฟสเซอร์แรงดันไฟฟ้าได้ดังรูปที่ 10.17



รูปที่ 10.17 แสดงเฟสเซอร์ไดอะแกรมของแรงดันไฟฟ้า 3 เฟส

ที่มา : วัชรี ปิ่นทอง. **วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ.**สำนักพิมพ์เอมพันธ์ จำกัด, 2547. หน้า 319.

จากสมการเฟสเซอร์เขียนไดอะแกรมของเฟสเซอร์แรงดันไฟฟ้าได้ดังรูปที่ 10.17 จากเฟสเซอร์ไดอะแกรม ผลรวมของแรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจากขดลวดทั้ง 3 ชุดที่เวลาชั่วขณะใด ๆ มีค่าเท่ากับศูนย์ ทั้งนี้เพราะ

$$E_{aa'} + E_{bb'} + E_{cc'} = E \angle 0^\circ + E \angle -120^\circ + E \angle -240^\circ$$

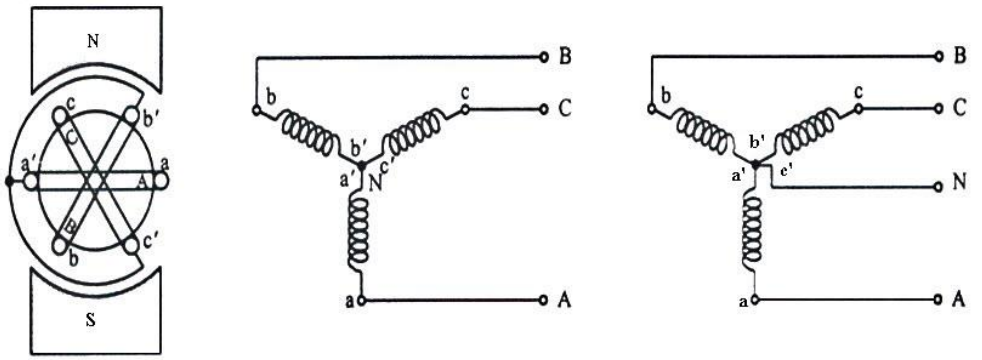
$$= E(1 - 0.5 - j0.866 - 0.5 + j0.866)$$

$$= E(0 + j0)$$

$$E_{aa'} + E_{bb'} + E_{cc'} = 0$$

10.7.2.1 การต่อวงจรในระบบไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส มีวิธีการต่อที่นิยมใช้โดยทั่วไปมี 2 วิธี คือ การต่อแบบวาย (Y Connected Generator) และการต่อแบบเดลตา(Δ Connected Generator)

10.7.2.1.1 การต่อแบบวาย (Y Connected Generator) หรือเรียกการต่อแบบนี้ว่า แบบสตาร์ มีวิธีการคือนำปลายของขดลวดตัวนำทั้ง 3 ชุด คือ a′ b′ c′ มาต่อรวมกันเรียกว่า นิวทรัล (Neutral ; N) ดังรูปที่ 10.18



(ก) โครงสร้าง (ข) วงจรไฟฟ้า 3 เฟส 3 สาย (ค) วงจรไฟฟ้า 3 เฟส 4 สาย

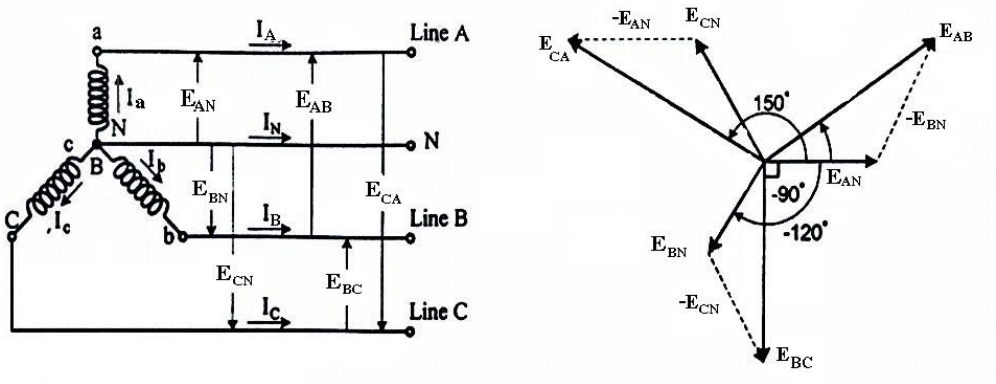
รูปที่ 10.18 แสดงการต่อขดลวดเครื่องกำเนิดแบบวาย

ที่มา : วัชรี ปิ่นทอง. วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ.สำนักพิมพ์เอมพันธ์ จำกัด, 2547. หน้า 322.

จากรูปที่ 10.18 (ข) เป็นวงจรไฟฟ้า 3 เฟส 3 สาย นั่นคือสายไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิด ที่ต่อไปยังโหลดจะมีเพียง 3 สาย เมื่อถูกต่อใช้งานจะต่อใช้งานเป็นคู่ มีแรงดันทุกคู่เท่ากับ 220 V ซึ่งจะเห็นได้ว่าไม่มีสายใดที่เป็นสายนิวตรอล (N) วิธีการต่อแบบนี้มักไม่ค่อยเป็นที่นิยมนำมาใช้งาน เนื่องจากจึงมีความอันตรายค่อนข้างมาก

จากรูปที่ 10.18 (ค) เป็นวงจรไฟฟ้า 3 เฟส 4 สาย นั่นคือ ต่อสาย N เพิ่มอีก 1 สาย หมายความว่า สายไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าไปยังโหลดมี 4 สาย

จากการต่อขดลวดเครื่องกำเนิดแบบวายระบบ 3 เฟส 4 สาย ดังรูปที่ 10.19 แรงดันไฟฟ้าที่วัดระหว่างต้นขด A ต้นขด B ต้นขด C กับขั้ว N ซึ่งได้แก่ E_{AN}, E_{BN} และ E_{CN} เรียกว่า แรงดันไฟฟ้าที่เฟส (Phase Voltage หรือ E_p) และแรงดันไฟฟ้าที่วัดระหว่างต้นขดลวดกับต้นขดลวด คือ E_{AB}, E_{BC} , E_{CA} เรียกว่าแรงดันไฟฟ้าที่สาย (Line Voltage หรือE_L) พิจารณาได้ดังรูปที่ 10.19



(ก) การวัดแรงดัน (ข) เฟสเซอร์ไดอะแกรม

รูปที่ 10.19 แสดงแรงดันไฟฟ้าเมื่อเครื่องกำเนิดต่อแบบวาย

ที่มา : วัชรี ปิ่นทอง. **วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ.**สำนักพิมพ์เอมพันธ์ จำกัด, 2547. หน้า 323.

ดังนั้นจึงเขียนเป็นสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้า E_{BC} , E_{CA} ,E_P และแรงดันไลน์ (Line Voltage , E_L) ของเครื่องกำเนิดที่ต่อแบบวาย (Y) ได้ดังสมการที่ 10-10

สมการที่ 10-10

$$E_{AB} = E_L = 1.732\ E_P = \sqrt{3}\ E_P \qquad (10\text{-}10)$$

หรือ

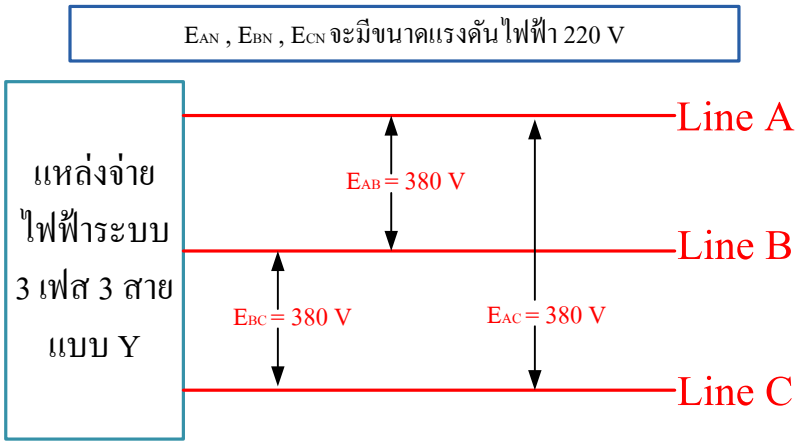
$$E_{BC} = E_L = 1.732\ E_P = \sqrt{3}\ E_P \qquad (10\text{-}11)$$

หรือ

$$E_{AC} = E_L = 1.732\ E_P = \sqrt{3}\ E_P \qquad (10\text{-}12)$$

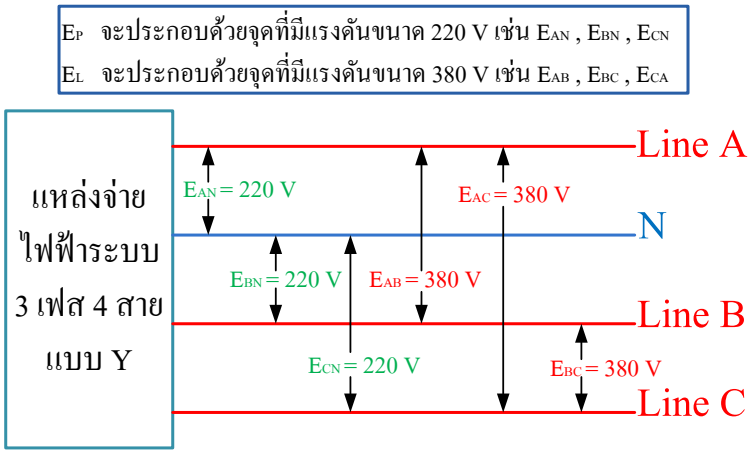
เราสามารถสรุปการจ่ายระบบไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส แบบวาย ได้แบบง่ายๆดังนี้

แบบ 3 เฟส 3 สาย



รูปที่ 10.20 แสดงการจ่ายระบบไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส 3 สาย แบบ Y

แบบ 3 เฟส 4 สาย



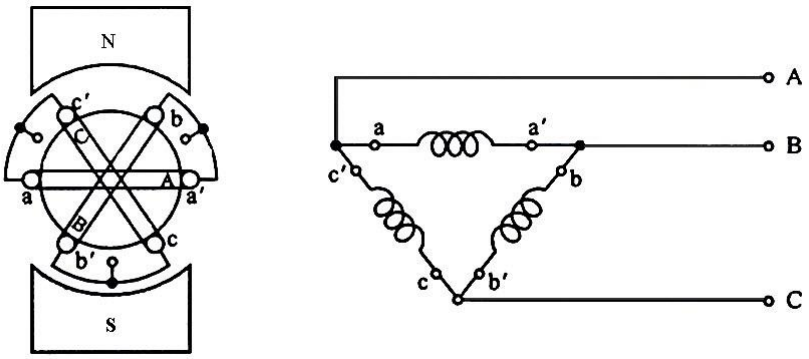
รูปที่ 10.21 แสดงการจ่ายระบบไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส 4 สาย แบบ Y

ส่วนกระแสที่ไหลในขดลวดของเครื่องกำเนิดได้แก่ I_a, I_b และ I_c เรียกว่ากระแสเฟส (Phase Current หรือ I_P) และกระแสที่ไหลออกจากสาย A , B และ C คือ I_A , I_B และ I_C เรียกว่ากระแสที่สาย (Line Current หรือกระแส I_L) เขียนสมการแสดงความสัมพันธ์ของกระแสเฟสกับกระแสที่สายเมื่อเครื่องกำเนิดต่อขดลวดแบบ Y ได้ดังสมการที่ 10-13

สมการที่ 10-13

$$I_L = I_P \qquad (10\text{-}13)$$

10.7.2.1.2 การต่อแบบเดลตา(Delta Connected Generator) คือการนำปลายขด A (a′) ต่อกับต้นขด B (b) ปลายขด B (b′) ต่อกับต้นขด C และปลายขด C (c′) ต่อกับต้นขด A (a) โดยจุดต่อระหว่าง a กับ c′ จะต่อไปยังวงจรภายนอกเป็นสาย A จุดต่อระหว่าง b กับ a′ จะต่อไปยังวงจรภายนอกเป็นสาย B และจุดต่อระหว่าง c กับ b′ จะต่อไปยังวงจรภายนอกเป็นสาย C ดังรูปที่ 10.22

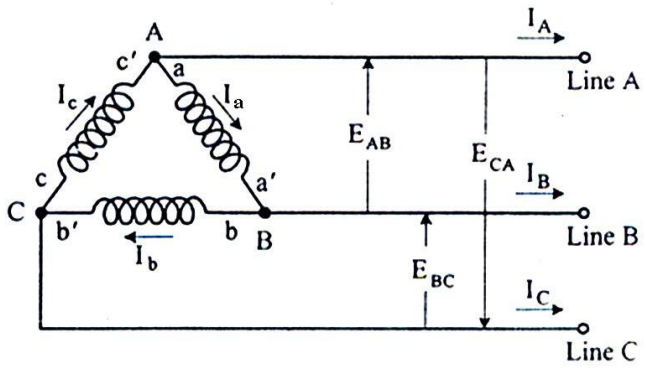


(ก) คอยล์ต่อแบบเดลตา (ข) ไดอะแกรมของการต่อแบบเดลตา

รูปที่ 10.22 การต่อขดลวดแบบเดลตา

ที่มา : วัชรี ปิ่นทอง. **วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ.**สำนักพิมพ์เอมพันธ์ จำกัด, 2547. หน้า 324.

การต่อขดลวดแบบเดลตาจะได้ระบบไฟฟ้า 3 เฟส 3 สาย แรงดันไฟฟ้าที่เฟส (E_P) กับแรงดันไฟฟ้าที่สาย (E_L) พิจารณาได้ดังรูปที่ 10.23



รูปที่ 10.23 แสดงแรงดันไฟฟ้าที่สายและแรงดันไฟฟ้าที่เฟสของเครื่องกำเนิดที่ต่อแบบเดลตา

ที่มา : วัชรี ปิ่นทอง. **วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ.**สำนักพิมพ์เอมพันธ์ จำกัด, 2547. หน้า 325.

จากรูปที่ 10.23 จะเห็นว่าแรงดันไฟฟ้าที่เฟส (E_P) ก็คือแรงดันไฟฟ้าที่สาย (E_L) นั่นเอง ดังนั้นเขียนเป็นสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าที่สาย (E_L) กับแรงดันไฟฟ้าที่เฟส (E_P) ของเครื่องกำเนิดที่ต่อแบบเดลตา (Δ) ได้ดังสมการ 10-14

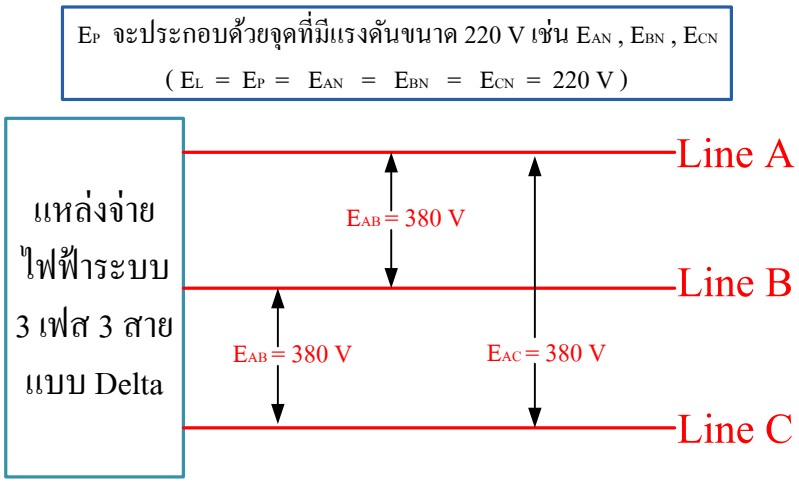
สมการที่ 10-13

$$E_{AB} = E_L = E_p \qquad (10\text{-}14)$$

หรือ $$E_{BC} = E_L = E_p \qquad (10\text{-}15)$$

หรือ $$E_{AC} = E_L = E_p \qquad (10\text{-}16)$$

เราสามารถสรุปการจ่ายระบบไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส แบบเดลต้า ได้แบบง่ายๆดังนี้



รูปที่ 10.24 แสดงการจ่ายระบบไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส 4 สาย แบบ Delta

ส่วนกระแสที่สาย I_A , I_B และ I_C จะเห็นว่ากระแสที่สาย (I_L) ในแต่ละสาย เมื่อพิจารณาตามกฎกระแสของเคอร์ชอฟฟ์ จะได้ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสที่สาย (I_L) กับกระแสเฟส (I_P) ของเครื่องกำเนิด เมื่อขดลวดต่อแบบ Δ ได้ดังนี้

สมการที่ 10-17

$$I_A = I_a - I_c \qquad (10\text{-}17)$$

สมการที่ 10-18

$$I_B = I_b - I_a \qquad (10\text{-}18)$$

สมการที่ 10-19

$$I_C = I_c - I_b \qquad (10\text{-}19)$$

เมื่อ I_A, I_B และ $I_C = I_L$ (กระแสที่สาย)

I_a, I_b และ $I_c = I_p$ (กระแสเฟส)

ดังนั้นจากสมการจะได้ว่ากระแสที่สายมีขนาดเท่ากับ $\sqrt{3}$ เท่าของกระแสเฟสเขียนสมการได้ดังนี้

สมการที่ 10-20

$$I_L = \sqrt{3}\, I_P \qquad (10\text{-}20)$$

สรุปสาระสำคัญ

วงจรเรโซแนนซ์ ประกอบด้วยอุปกรณ์ ตัวต้านทาน ขดลวดเหนี่ยวนำ และตัวเก็บประจุ ที่สามารถต่อเป็นวงจร แบบอนุกรมหรือขนานก็ได้โดยลักษณะของการเรโซแนนซ์เกิดขึ้นจากการความถี่ของแหล่งจ่าย(f_r) ทำให้ ค่าอินดักทีฟรีแอกแตนซ์(X_L) เท่ากับค่าคาปาซิทีฟรีแอกแตนซ์ (X_C)

วงจรเรโซแนนซ์ แบบอนุกรมนั้นเมื่อเกิดสภาวะ เรโซแนนซ์ ส่งผลให้ค่า อินดักทีฟรีแอกแตนซ์(X_L) เท่ากับค่าคาปาซิทีฟรีแอกแตนซ์ (X_C) ทำให้ค่าแรงดันที่ตกคร่อมขดลวดเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุมีค่าเท่าแต่เนื่องจาก แรงดันทั้งสองนี้มีมุมต่างเฟสกัน 180° ทำให้หักล้างกันเป็น ศูนย์ แรงดันทั้งหมดของแหล่งจ่ายจึงตกคร่อมอยู่ที่ตัวต้านทาน

วงจรเรโซแนนซ์ แบบขนานนั้น เมื่อเกิดสภาวะ เรโซแนนซ์ ส่งผลให้ค่า อินดักทีฟรีแอกแตนซ์(X_L) เท่ากับค่าคาปาซิทีฟรีแอกแตนซ์ (X_C) ทำให้ค่ากระแสที่ผ่านขดลวดเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุมีค่าเท่าแต่เนื่องจาก กระแสทั้งสองนี้มีมุมต่างเฟสกัน 180° ทำให้หักล้างกันเป็น ศูนย์ กระแสทั้งหมดของวงจรจึงมีเพียงที่ไหลผ่านตัวต้านทาน

วงจรฟิลเตอร์หรือวงจรกรองความถี่ หมายถึงวงจรที่สามารถเลือกให้สัญญาณไฟฟ้าที่มีความถี่ที่ต้องการผ่านไปได้ หรือตัดสัญญาณไฟฟ้าที่มีความถี่ที่ไม่ต้องการออกไป โดยสามารถแบ่งเป็นชนิดดังนี้ วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน(Low pass filter) วงจรกรองความถี่สูงผ่าน(High pass filter) วงจรกรองย่านความถี่ผ่าน(Band pass filter) วงจรกรองย่านความถี่ไม่ผ่าน(Band stop filter)

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส ประกอบด้วยขดลวด 3 ชุด แต่ละชุดจะมีขนาดเท่ากัน จำนวนรอบเท่ากัน และพันอยู่บนแกนอาร์เมเจอร์เดียวกัน และวางทำมุมกัน 120° โดยมีวิธีการต่อ 2 แบบคือ การต่อแบบวาย (Y Connected Generator) และแบบเดลตา(Δ Connected Generator)

แบบฝึกหัดท้ายบทเรียน

คำชี้แจงแบบฝึกหัด มีทั้งหมด 2 ตอน

ตอนที่ 1 เลือกคำตอบที่ถูกที่สุดและทำเครื่องหมาย × ในกระดาษคำตอบ

- แบบฝึกหัดมี 10 ข้อ ใช้เวลา 10 นาที

1 วงจรเรโซแนนซ์ แบบอนุกรม สาเหตุใดที่ทำให้แรงดันที่ตกคร่อมตัวต้านทานเท่ากับแหล่งจ่าย

ก. แรงดันที่ตกคร่อมตัวตัวต้านทานเท่ากับที่เก็บประจุ

ข. แรงดันที่ตกคร่อมขดลวดเหนี่ยวนำเท่ากับที่ตัวเก็บประจุ

ค. แรงดันที่ตกคร่อมตัวต้านทานเท่ากับที่ขดลวดเหนี่ยวนำ

ง. แรงดันที่ตกคร่อมแหล่งจ่ายเท่ากับตัวเก็บประจุ

2 วงจร เรโซแนนซ์แบบขนาน สาเหตุใดที่ทำให้กระแสทั้งหมดไหลผ่านตัวต้านทานเพียงตัวเดียว

ก. กระแสที่ไหลผ่านตัวต้านทานเท่ากับขดลวดเหนี่ยวนำ

ข. กระแสที่ไหลผ่านขดลวดเหนี่ยวนำเท่ากับที่ตัวเก็บประจุ

ค. กระแสที่ไหลผ่านตัวต้านทานเท่ากับตัวเก็บประจุ

ง. กระแสที่ไหลผ่านตัวเก็บประจุเท่ากับกระแสรวมทั้งวงจร

3. ความถี่เรโซแนนซ์สามารถหาได้จากสมการ

ก. $f_r = \dfrac{1}{2\pi\sqrt{L^2 C^2}}$

ข. $f_r = \dfrac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$

ค. $f_r = \dfrac{1}{2\pi\sqrt{X_L X_C}}$

ง. $f_r = \dfrac{1}{2\pi\sqrt{RLC}}$

4. ในวงจร เรโซแนนซ์ ความถี่ 250 Hz ตัวเก็บประจุ 0.33 μF จะต้องใช้ขดลวดเหนี่ยวนำขนานเท่าใดที่จะทำให้เกิด สภาวะเนโซแนนซ์

ก. 0.1 H

ข. 0.3 H

ค. 1.5 H

ง. 2.5 H

5. ข้อใดเป็นคุณสมบัติของวงจร Low pass filter

ก. ยอมให้ความถี่ที่ต่ำกว่า f_C ผ่านได้ง่าย

ข. ยอมให้ความถี่ที่สูงกว่า f_C ผ่านได้ง่าย

ค. ยอมให้ความถี่ในช่วงที่กำหนดผ่านวงจรได้ง่าย

ง. ไม่ยอมให้ความถี่ในช่วงที่กำหนดผ่านวงจรได้

6. ข้อใดเป็นคุณสมบัติของวงจร Band Stop Filter

ก. ยอมให้ความถี่ที่ต่ำกว่า f_C ผ่านได้ง่าย

ข. ยอมให้ความถี่ที่สูงกว่า f_C ผ่านได้ง่าย

ค. ยอมให้ความถี่ในช่วงที่กำหนดผ่านวงจรได้ง่าย

ง. ไม่ยอมให้ความถี่ในช่วงที่กำหนดผ่านวงจรได้

7. ถ้าต้องการออกแบบวงจรกรองความถี่สูงผ่านแบบตัวต้านทานกับตัวเก็บประจุ โดยกำหนดให้กรองความถี่ผ่านย่าน 50 KHz โดยใช้ตัวเก็บประจุขนาด 6.36 nF จะต้องใช้ตัวต้านทานค่าเท่าใด

ก. 200 Ω

ข. 300 Ω

ค. 500 Ω

ง. 700 Ω

8. ในการกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟสประกอบ สายเส้นใดมีแรงดันไฟฟ้า

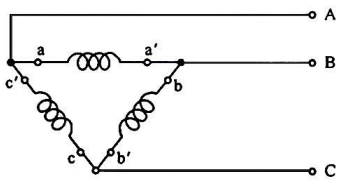
ก. Line

ข. Neutaul

ค. Ground

ง. Line และ Neutaul

9. จากรูปวงจรลักษณะนี้ในระบบ 3 เฟสเรียกว่า



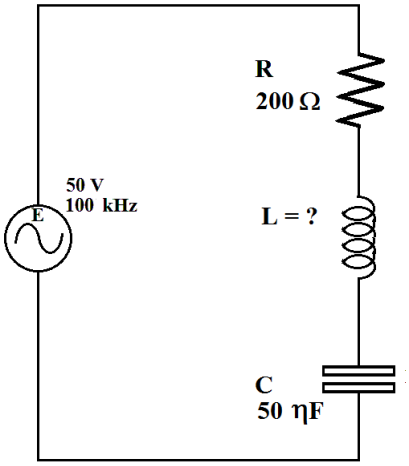
ก. การต่อแบบวาย
ข. การต่อแบบเดลต้า
ค. การต่อแบบขนาน
ง. การต่อแบบผสม

10. ในระบบกำเนิดไฟฟ้าสามเฟส การต่อแบบใดจะสามารถต่อคู่สายให้สามารถเลือกจ่ายแรงดันขนาด 220 โวลต์ร่วมด้วยได้

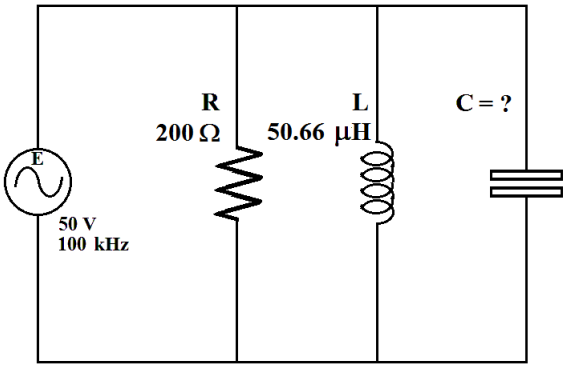
ก. การต่อแบบวาย
ข. การต่อแบบเดลต้า
ค. การต่อแบบขนาน
ง. การต่อแบบผสม

ตอนที่ 2 แบบฝึกหัดมี 4 ข้อ เวลา 10 นาที

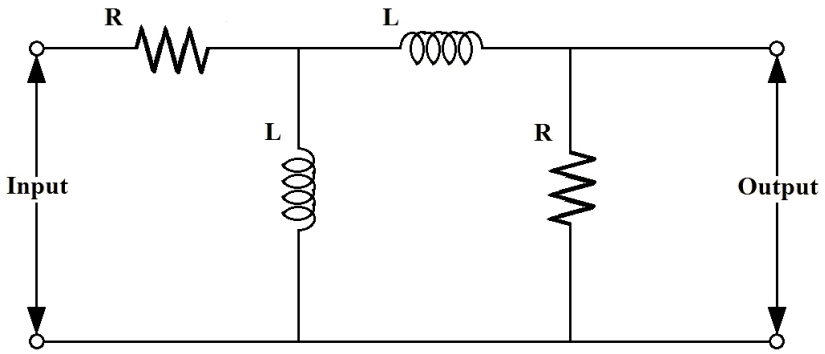
1. จากรูปวงจรจงหาค่าความเหนี่ยวนำของขดลวดที่ทำให้วงจรอยู่ในสภาวะเรโซแนนซ์



2. จากรูปวงจรจงหาค่าความจุของตัวเก็บประจุที่ทำให้วงจรอยู่ในสภาวะเรโซแนนซ์



3. จากรูปออกแบบวงจรกรองย่านความถี่ผ่าน 1 KHz - 5 KHz



4. ให้นักศึกษาอธิบายหลักการกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟสและ 3 เฟส มาพอเข้าใจ