

L10

ความไม่บริสุทธิ์ของตัวเก็บประจุ ตัวเหนี่ยวนำไฟฟ้า และรีโซแนนซ์ขนาน

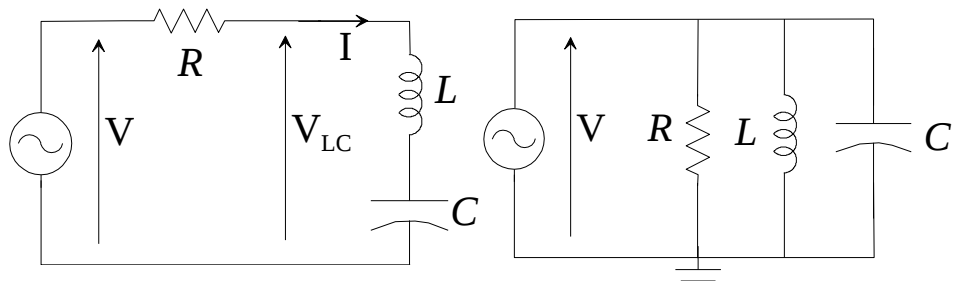
1/7

ประเด็นหลัก ความไม่บริสุทธิ์ของตัวเก็บประจุและตัวเหนี่ยวนำไฟฟ้า ทำให้แรงดันตกคร่อมองค์ประกอบทั้งสองที่อนุกรมกัน ไม่เป็นศูนย์ขณะเกิดสภาวะรีโซแนนซ์ ยิ่งไปกว่านั้น สภาวะรีโซแนนซ์ยังสามารถทำให้เกิดขึ้นได้เช่นเดียวกันด้วยการขนานกันของความต้านทาน ตัวเก็บประจุและตัวเหนี่ยวนำไฟฟ้า

วัตถุประสงค์ วัตถุประสงค์ของการทดลองที่พฤติกรรมการตอบสนองต่อกระแส ของตัวเหนี่ยวนำกับตัวเก็บประจุจะลดทอนกันจนสิ้นไป ขององค์ประกอบตัวเก็บประจุและตัวเหนี่ยวนำที่ต่ออนุกรมและต่อขนาน

วิธีการ

1. ใช้วงจรอนุกรมความต้านทาน ตัวเหนี่ยวนำ และตัวเก็บประจุวัดรูปคลื่นแรงดันตกคร่อม เฉพาะสององค์ประกอบตัวเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุ เพื่อตรวจวัดความไม่เป็นศูนย์ของรูปคลื่นแรงดัน ขณะเกิดสภาวะรีโซแนนซ์ และค้นหาสาเหตุเป็นเพราะสิ่งใด
2. ใช้วงจรประกอบด้วยความต้านทาน ตัวเก็บประจุ และตัวเหนี่ยวนำไฟฟ้าขนานกัน วัดรูปคลื่นแรงดันและกระแส เพื่อศึกษาลักษณะของรูปคลื่นโดยเปลี่ยนแปลงความถี่



รูปที่ 9.1 วงจรสำหรับการทดลองวัดรูปคลื่นแรงดันหรือกระแส

อุปกรณ์การทดลอง

1. แหล่งกำเนิดรูปคลื่นแรงดันไซน์ชอยด์ $0 \dots 10 \text{ V}_{pp}$ แปรความถี่ได้
2. ออสซิลโลสโคป 1 เครื่องและสายวัดทั้ง 2 ช่อง CH1 และ CH2
3. มัลติมิเตอร์แบบตัวเลข 2 เครื่อง
4. ตัวต้านทานขนาด 2W ค่า $100 \text{ } \Omega$ 2 ตัว และ $1k \text{ } \Omega$ 1 ตัว

L10

ความไม่บริสุทธิ์ของตัวเก็บประจุ ตัวเหนี่ยวนำ และรีโซแนนซ์ขนาน

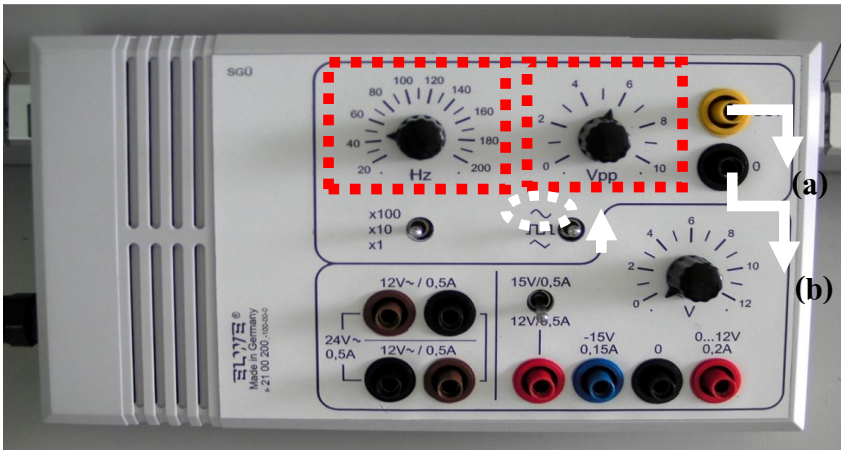
2/7

5. ตัวเหนี่ยวนำที่ประกอบขึ้นจากแกนเหล็ก U-I และขดลวด 1000 รอบ พิกัด 0.5 A จำนวน 2 ชุด และขดลวด 500 รอบ พิกัด 0.8 A จำนวน 1 ชุด

6. ตัวเก็บประจุ 10 μF 35 Vac และ 0.1 μF 400 Vac

ขั้นตอนการทดลอง

ปรับตั้งอุปกรณ์การทดลองดังรูป



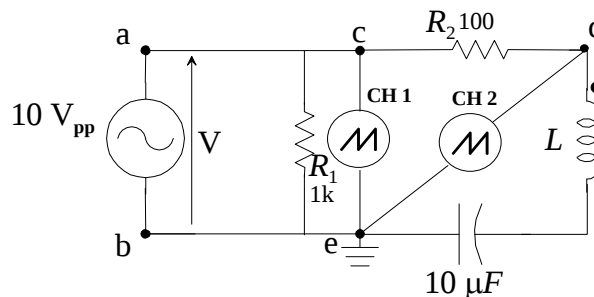
แหล่งกำเนิดแรงดันไซน์ชอยด์ 0...10 V_{pp} แปรความถี่ได้



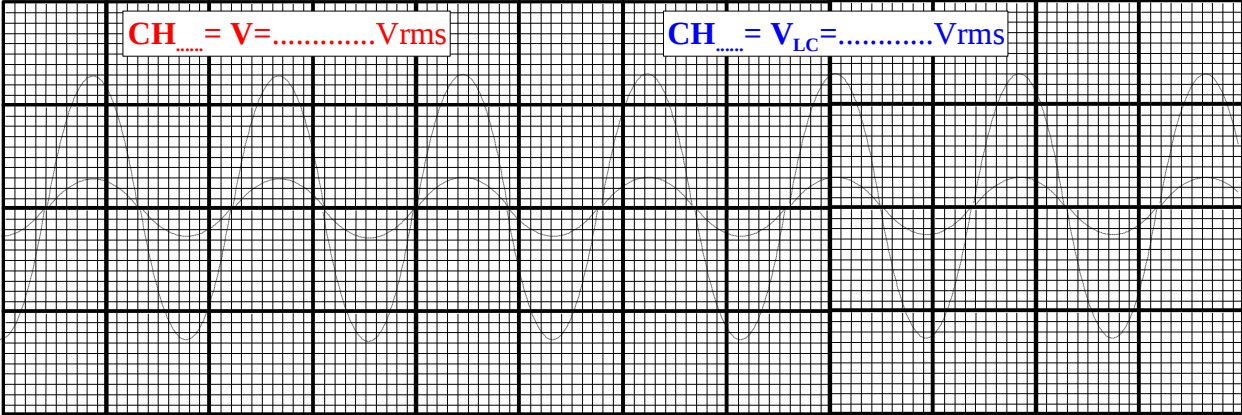
ปรับตั้งเป็นมิเตอร์วัดกระแส

ขั้นตอนการทดลองที่ 1.1

1. ต่ วงจรการทดลองดังนี้โดยให้ตัวเหนี่ยวนำ L เป็นขดลวด $N = 1500$ รอบไม่ต้องใส่แกนเหล็กโดยต่อขดลวด 2 ชุดให้มีทิศทางเสริมกัน



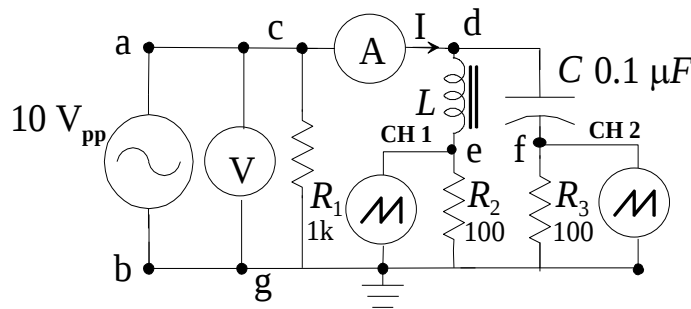
รูปที่ 9.2 วงจรสำหรับการทดลองที่ 1.1

L10	ความไม่บริสุทธิ์ของตัวเก็บประจุ ตัวเหนี่ยวนำ และรีโซแนนซ์ขนาน	3/7
- ปรับความถี่ให้วงจรอยู่ในสภาวะรีโซแนนซ์ $X_L - X_C = 0$ ซึ่งจะทำให้ไม่มีแรงดันตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำ L และตัวเก็บประจุ C - ถ้าไม่สามารถปรับความถี่ให้แรงดันในข้อ 2 ให้เป็นศูนย์ได้ ให้ทำการปรับความถี่เพื่อให้แรงดันตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำ L และตัวเก็บประจุ C มีค่าที่น้อยที่สุดและมีเฟสเดียวกับแรงดันที่แหล่งจ่าย V - ความถี่รีโซแนนซ์ $f_0 = \dots\dots\dots$ - บันทึกข้อมูลหน้าจอแสดงผลการวัดของออสซิลโลสโคปลงในกราฟต่อไปนี้ โดยใช้สีแดงวาดรูปคลื่นของ CH1 และใช้สีน้ำเงินสำหรับ CH2		
CH..... = V = Vrms  CH..... = V_{LC} = Vrms สรุปผลการทดลองที่ 1.1 - ด้วยสภาวะรีโซแนนซ์ทำให้ค่ารีแอกแตนซ์ในวงจรมีค่าหมดไป เหลือเพียงค่าความต้านทานในวงจร - ดังนั้นแรงดันที่ตกคร่อมความต้านทานที่แฝงอยู่ในตัวเก็บประจุและตัวเหนี่ยวนำไฟฟ้า V_{LC} จึงมีค่าเท่ากับ..... - แรงดัน V_{LC} จะมีค่าเป็นศูนย์ เมื่อไม่มีค่า..... ขั้นตอนการทดลองที่ 1.2 - ต่อวงจรการทดลองตามรูปที่ 9.3 โดยให้ตัวเหนี่ยวนำ L เป็นขดลวด $N = 2000$ รอบโดยต่อขดลวด 2 ขดให้มีทิศทางเสริมกันและใช้แกนเหล็ก U-I		

L10

ความไม่บริสุทธิ์ของตัวเก็บประจุ ตัว
เหนี่ยวนำ และรีโซแนนซ์ขนาน

4/7



รูปที่ 9.3 วงจรสำหรับการทดลองที่ 1.2

2. ใช้ความถี่ 300, 400, 600, 800, 1000, 1300, 1600 และ 1900 Hz วัดค่าต่าง ๆ ลงใน
ตารางผลการทดลองที่ 1-1 และ 1-2

ตารางผลการทดลองที่ 1-1

ความถี่ f	300 Hz	400 Hz	600 Hz	800 Hz
มุมต่างเฟส ϕ° ของ CH1 กับ CH2				
กระแส $VR_2 / 100$ (mA;rms)				
กระแส $VR_3 / 100$ (mA;rms)				
แรงดัน V				
กระแส I				

ตารางผลการทดลองที่ 1-2

ความถี่ f	1000 Hz	1300 Hz	1600 Hz	1900 Hz
มุมต่างเฟส ϕ° ของ CH1 กับ CH2				
กระแส $VR_2 / 100$ (mA;rms)				
กระแส $VR_3 / 100$ (mA;rms)				
แรงดัน V				
กระแส I				

3. ปรับหาค่าความถี่ f_0 ที่ทำให้แรงดันที่จุด CH1 และ CH2 มีขนาดเท่ากันแต่มีเฟสต่างกัน
ประมาณ 180° โดยความถี่นี้มีค่าเท่ากับ $f_0 = \dots\dots\dots$

L10

ความไม่บริสุทธิ์ของตัวเก็บประจุ ตัว
เหนี่ยวนำ และรีโซแนนซ์ขนาน

5/7

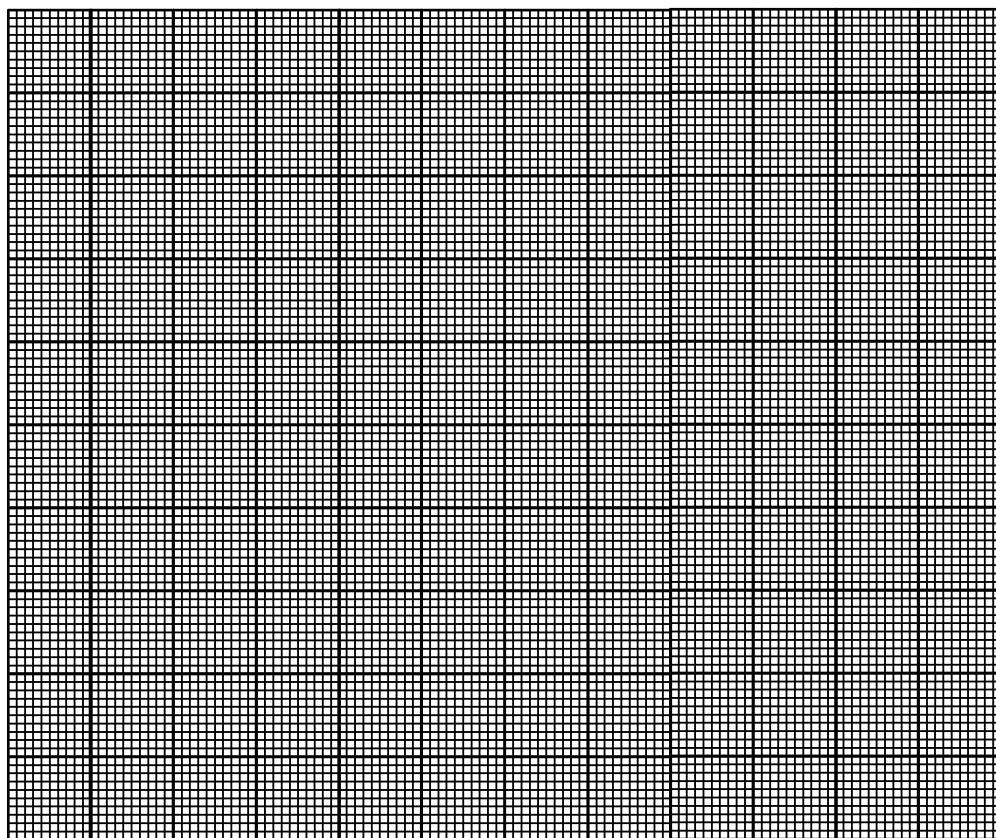
สรุปผลการทดลองที่ 1.2

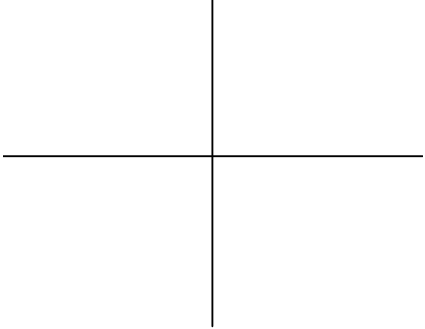
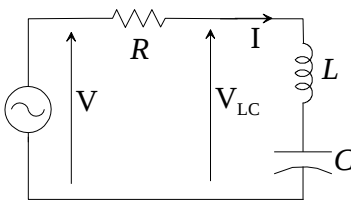
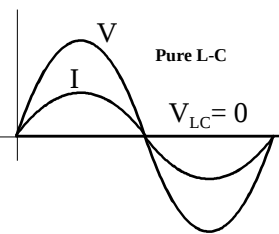
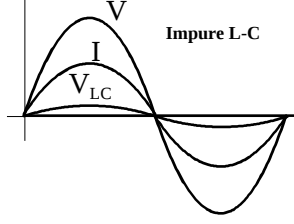
1. จากผลการทดลองที่ได้ คำนวณขนาดของอิมพีแดนซ์ Z ของวงจรที่มีองค์ประกอบ, L และ C ขนานกันลงในตารางต่อไปนี้

ตารางสรุปผลการทดลองที่ 1

ความถี่ $f(\text{Hz})$	300	400	600	800	 Hz	1000	1300	1600	1900
แรงดัน $V(\text{rms})$									
I									
$Z(\Omega)$									

2. วาดกราฟขนาดของอิมพีแดนซ์ Z และกระแส I แปรตามความถี่ f ได้ดังนี้



L10	ความไม่บริสุทธิ์ของตัวเก็บประจุ ตัวเหนี่ยวนำ และรีโซแนนซ์ขนาน	6/7
3. ที่ความถี่ f_0 เฟสเซอร์ของกระแสไหลผ่านความต้านทาน R_2 และความต้านทาน R_3 จะมีขนาดเท่ากันแต่มีมุมต่างเฟสกัน 180° ซึ่งสามารถเขียนออกมาโดยใช้เฟสเซอร์ดังนี้  4. เนื่องจาก $R_2 = R_3$ และ R_2 อนุกรมกับตัวเหนี่ยวนำ L ขณะที่ R_3 อนุกรมกับตัวเก็บประจุ C จึงสรุปได้ว่า $X_L = X_C$ เพราะลักษณะของเฟสเซอร์กระแสมีลักษณะดังรูปข้างต้น 5. ด้วยเหตุตามข้อ 4. ความถี่ $f_0 = \dots\dots\dots$ ก็คือความถี่รีโซแนนซ์ของตัวเก็บประจุขนานกับตัวเหนี่ยวนำ วิเคราะห์ผลการทดลอง 1. วงศ์ประกอบ R, L และ C อนุกรมเกิดสภาวะรีโซแนนซ์ขึ้นเมื่อ $X_L - X_C = 0$   Pure L-C $V_{LC} = 0$  Impure L-C 2. ดังนั้นเมื่อ L และ C บริสุทธิ์ $V_{LC} = \dots\dots\dots$ ในสภาวะรีโซแนนซ์ 3. แต่ถ้า L และ C ไม่บริสุทธิ์ จะเกิดแรงดันตกคร่อม $L - C$ อนุกรม ถึงแม้ว่าจะอยู่ในสภาวะรีโซแนนซ์แต่แรงดันนี้จะมีเฟสเดียวกับกระแสเพราะว่า $X_L - \dots\dots\dots = 0$ หรือเท่ากับว่าไม่มีค่ารี.....		

L10	ความไม่บริสุทธิ์ของตัวเก็บประจุ ตัวเหนี่ยวนำ และรีโซแนนซ์ขนาน	7/7
4. องค์ประกอบ L และ C ขนานก็สามารถทำให้เกิดสภาวะรีโซแนนซ์ได้เช่นกันเมื่อ $X_L = \dots\dots\dots$ 5. เนื่องจากในขั้นตอนการทดลองที่ 1.2 พบว่าที่ค่าความถี่หนึ่งคือ $f_0 = \dots\dots\dots$ ทำให้เฟสเซอร์กระแส I_C ไหลผ่านส่วนขนานของตัวเก็บประจุมีเฟส.....(เดียวกับ/ตรงข้าม)กับกระแส I_L ไหลผ่านส่วนขนานของตัว..... ด้วยเหตุนี้จะได้ว่า $I_L + I_C = \dots\dots\dots$ 6. ซึ่งเท่ากับว่าที่ความถี่ f_0 กระแสในวงจรการทดลอง L และ C ขนานลดค่าลงเหลือเฉพาะค่ากระแส I_R ไหลผ่านส่วนขนานของตัว.....เท่านั้น และจากการทดลองนี้กระแสมีค่าต่ำสุดเท่ากับ $I = \dots\dots\dots$ 7. ความถี่ f_0 ถูกเรียกว่าความถี่รีโซแนนซ์ของวงจรขนาน ความต้านทาน R ตัวเก็บประจุ C และตัวเหนี่ยวนำไฟฟ้า L 8. จากสูตร $Z = \frac{V}{I}$ เมื่อกระแสต่ำสุดอิมพีแดนซ์จึงมีค่าสูงสุดซึ่งจะตรงข้ามกับรีโซแนนซ์อนุกรมที่จะทำให้มีค่าอิมพีแดนซ์มีค่า..... 9. ดังนั้น $\omega L - \frac{1}{\omega C} = 0$ จึงใช้ได้ทั้งใน R, L และ C อนุกรมและขนาน ด้วยเหตุนี้ในกรณีของการขนาน ความถี่รีโซแนนซ์สามารถคำนวณได้ด้วยสูตร $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ 10. ทำให้สามารถคำนวณค่าตัวเหนี่ยวนำที่ประกอบขึ้นจากขดลวด 2000 รอบบนแกนเหล็ก U-I ได้คือ $L = \frac{1}{\omega_0^2 C} = \dots\dots\dots mH$		

