

วิชา วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ	แบบทดสอบก่อนการเรียน	หน้า 1
รหัส 2104-2003	จำนวนเชิงซ้อน	หน่วยที่ 3

(Upgrade to Pro Version to Remove the Watermark)

คำชี้แจง 1. จงทำเครื่องหมาย X ทับ ก ข ค หรือ ง ที่เห็นว่าถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว

2. อนุญาตให้ใช้เครื่องคำนวณได้



1. ข้อใดคือจำนวนเลขที่ลงตัวทั้งหมด

ก. $3^2, \frac{4}{7}$

ข. $\frac{\pi}{4}, \frac{24}{3}$

ค. $-5, \sqrt{16}$

ง. $4, \sqrt{7}$

2. ข้อใดคือจำนวนเลขที่ไม่ลงตัวทั้งหมด

ก. $\sqrt{7}, \log 6$

ข. $2^3, \sin 30^\circ$

ค. $\cos 60^\circ, 8 \times 10^2$

ง. $\frac{10}{2.5}, \sqrt{9}$

3. เลขจำนวนจินตภาพเกิดขึ้นในลักษณะอย่างไร

ก. จากการถอดรากที่สองของเลขจำนวนจริงที่ติดเครื่องหมายบวก

ข. จากการถอดรากที่สองของเลขจำนวนจริงที่ติดเครื่องหมายลบ

ค. จากการยกกำลังสองของเลขจำนวนจริงที่ติดเครื่องหมายลบ

ง. จากการยกกำลังสองของเลขจำนวนจริงที่ติดเครื่องหมายบวก

4. j^5 มีค่าเท่าไร

ก. -1

ข. 1

ค. j

ง. $-j$

5. จำนวนเชิงซ้อนเป็นการนำเลขจำนวนใดมาเขียนร่วมกัน

ก. จำนวนเลขลงตัวกับจำนวนเลขไม่ลงตัว

ข. จำนวนจินตภาพกับจำนวนจินตภาพ

ค. จำนวนจริงกับจำนวนจริง

ง. จำนวนจริงกับจำนวนจินตภาพ

6. รูปแบบพื้นฐานของจำนวนเชิงซ้อนเขียนอยู่ในรูปแบบใด

ก. ตรีโกณมิติ

ข. เอกซ์โพเนนเชียล

ค. เชิงขั้ว

ง. พิกัดฉาก

7. $3-j3$ เปลี่ยนเป็นรูปแบบเชิงขั้วมีค่าเท่าไร

ก. $\sqrt{6} \angle -45^\circ$

ข. $\sqrt{18} \angle -45^\circ$

ค. $\sqrt{6} \angle 45^\circ$

ง. $\sqrt{18} \angle 45^\circ$

8. $12 \angle 150^\circ$ เปลี่ยนเป็นรูปแบบพิกัดฉากมีค่าเท่าไร

ก. $-10.39 + j6$

ข. $10.39 - j6$

ค. $-10.39 - j6$

ง. $10.39 + j6$

วิชา วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ	แบบทดสอบก่อนการเรียน	หน้า 2
รหัส 2104-2003	จำนวนเชิงซ้อน	หน่วยที่ 3

Protected by PDF Anti-Copy Free

(Upgrade to Pro Version to Remove the Watermark)

9. ถ้า x เป็นค่าลบและ y เป็นค่าลบ การหามุมของจำนวนเชิงซ้อนต้องพิจารณาอย่างไร

ก. $\theta = \phi - 180^\circ$

ค. $\theta = \phi + 180^\circ$



ข. $\theta = \phi \times 180^\circ$

ง. $\theta = \frac{180^\circ}{\phi}$

กำหนดให้ $z_1 = 4 - j5$ และ $z_2 = -1 + j2$ จงตอบคำถามข้อ 10-12

10. $z_1 + z_2$ มีค่าเท่าไร

ก. $3 - j7$

ค. $5 + j3$

ข. $3 - j3$

ง. $-5 - j3$

11. $z_1 - z_2$ มีค่าเท่าไร

ก. $-5 + j3$

ค. $3 - j7$

ข. $-5 - j3$

ง. $5 - j7$

12. $z_1 \times z_2$ มีค่าเท่าไร

ก. $6 + j13$

ค. $10 - j5$

ข. $8 + j5$

ง. $-4 - j10$

กำหนดให้ $z_1 = 2 \angle -40^\circ$, $z_2 = 6 \angle 60^\circ$ และ $z_3 = 3 \angle 120^\circ$ จงตอบคำถามข้อ 13-16

13. $z_1 \times z_2 \times z_3$ มีค่าเท่าไร

ก. $36 \angle 20^\circ$

ค. $36 \angle 140^\circ$

ข. $36 \angle 220^\circ$

ง. $36 \angle -220^\circ$

14. $\frac{z_1 \times z_2}{z_3}$ มีค่าเท่าไร

ก. $4 \angle -20^\circ$

ค. $4 \angle 220^\circ$

ข. $4 \angle -100^\circ$

ง. $4 \angle 140^\circ$

15. $\frac{z_2}{z_1 \times z_3}$ มีค่าเท่าไร

ก. $1 \angle -20^\circ$

ค. $1 \angle -140^\circ$

ข. $1 \angle 20^\circ$

ง. $1 \angle 140^\circ$

16. $\frac{z_2 \times z_3}{z_1 \times z_3}$ มีค่าเท่าไร

ก. $3 \angle -260^\circ$

ค. $3 \angle -100^\circ$

ข. $3 \angle 260^\circ$

ง. $3 \angle 100^\circ$

วิชา วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ	ใบเนื้อหา	หน้า 3
รหัส 2104-2003	จำนวนเชิงซ้อน	หน่วยที่ 3

Protected by PDF Anti-Copy Free
(Upgrade to Pro Version to Remove the Watermark)

หน่วยที่ 3 จำนวนเชิงซ้อน



หัวข้อเรื่อง

- 3.1 จำนวนจริง
- 3.2 จำนวนจินตภาพ
- 3.3 ความหมายของจำนวนเชิงซ้อน
- 3.4 รูปแบบของจำนวนเชิงซ้อน
- 3.5 การเปลี่ยนรูปแบบของจำนวนเชิงซ้อน
- 3.6 ข้อควรพิจารณาการเปลี่ยนจากรูปแบบพิกัดฉากเป็นรูปแบบเชิงขั้ว
- 3.7 การคำนวณจำนวนเชิงซ้อนด้วยวิธีต่าง ๆ

สมรรถนะย่อย

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับจำนวนเชิงซ้อน
2. ปฏิบัติการเขียนจำนวนเชิงซ้อนและคำนวณหาจำนวนเชิงซ้อนรูปแบบต่าง ๆ

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. อธิบายจำนวนจริงได้
2. อธิบายจำนวนจินตภาพได้
3. บอกความหมายของจำนวนเชิงซ้อนได้
4. อธิบายรูปแบบของจำนวนเชิงซ้อนได้
5. อธิบายการเปลี่ยนรูปแบบของจำนวนเชิงซ้อนได้
6. อธิบายข้อควรพิจารณาการเปลี่ยนจากรูปแบบพิกัดฉากเป็นรูปแบบเชิงขั้วได้
7. คำนวณจำนวนเชิงซ้อนด้วยวิธีต่าง ๆ ได้

วิชา วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ	ใบเนื้อหา	หน้า 4
รหัส 2104-2003	จำนวนเชิงซ้อน	หน่วยที่ 3

Protected by PDF Anti-Copy Free
(Upgrade to Pro Version to Remove the Watermark)

บทนำ

จำนวนเชิงซ้อน (Complex Number) หมายถึงจำนวนที่ประกอบด้วยจำนวน 2 จำนวน คือ จำนวนจริง และจำนวนจินตภาพ



จำนวนจริง (Real Number) หมายถึงจำนวนที่เราสามารถทราบค่าได้แน่นอน

จำนวนจินตภาพ (Imaginary Number) หมายถึงจำนวนที่เราไม่ทราบค่า

3.1 จำนวนจริง

จำนวนจริง (Real number) หมายถึง จำนวนที่ทราบค่าแน่นอนว่ามีจำนวนมากหรือน้อยเพียงใด ซึ่งยังแบ่งได้ออกเป็นอีก 2 จำนวน คือ

3.1.1 จำนวนเลขลงตัวหรือจำนวนตรรกยะ (Rational number) หมายถึง เลขที่แสดงค่าจริงและแน่นอนถูกต้อง ถ้าเป็นเลขเศษส่วน เลขทศนิยม หรือถอดรากที่สองจะต้องมีค่าที่สิ้นสุด เช่น

เลขที่เป็นจำนวนเต็ม เช่น $-2, -5, 7, 24, \dots$

เลขที่เป็นเศษส่วน เช่น $\frac{1}{25}, \frac{1}{8}, \frac{1}{2}, \frac{32}{4}, \dots$

เลขที่เป็นทศนิยม เช่น $0.25, 0.4, 0.6, 0.75, \dots$

เลขที่เป็นถอดรากที่สอง เช่น $\sqrt{4}, \sqrt{25}, \sqrt{144}, \sqrt{400}, \dots$

3.1.2 จำนวนเลขไม่ลงตัวหรือจำนวนอตรรกยะ (Irrational number) หมายถึง เลขที่ไม่สามารถหาค่าได้ถูกต้อง ซึ่งแสดงค่าในรูปเลขทศนิยมไม่รู้จบ ดังนั้นจึงเป็นเพียงประมาณค่าขึ้นมา เช่น

$\sqrt{5}$ มีค่าประมาณ 2.23606....

$\sqrt[3]{12}$ มีค่าประมาณ 2.28942....

π มีค่าประมาณ 3.14159....

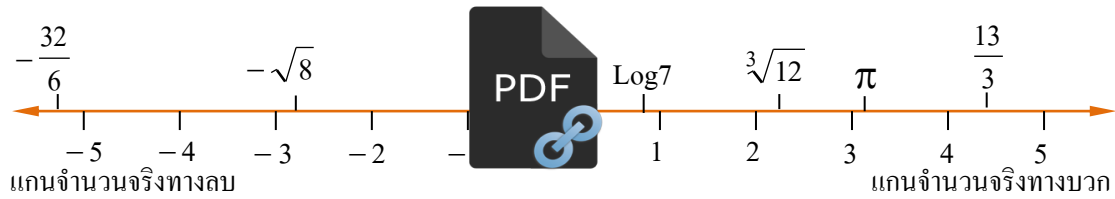
$\frac{13}{3}$ มีค่าประมาณ 4.33333....

$\ln 3$ มีค่าประมาณ 1.09861....

จากเลขทั้งสองจำนวนสามารถนำไปบวก ลบ คูณ หาร ทางคณิตศาสตร์ได้ เมื่อนำจำนวนเลขค่าเหล่านี้กำหนดลงบนเส้นตรงเรียกแนวเส้นตรงนี้ว่า **แนวเส้นจำนวนจริง (Real number line)** ดังรูปที่ 3.1 จากค่าศูนย์ไปทางขวามือเป็นค่าจำนวนจริงทางบวกและจากค่าศูนย์ไปทางซ้ายมือเป็นค่าจำนวนจริงทางลบ

วิชา วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ	ใบเนื้อหา	หน้า 5
รหัส 2104-2003	จำนวนเชิงซ้อน	หน่วยที่ 3

Protected by PDF Anti-Copy Free
(Upgrade to Pro Version to Remove the Watermark)



รูปที่ 3.1 เลขจำนวนจริงบนแนวเส้นจำนวนจริง

3.2 จำนวนจินตภาพ

จำนวนจินตภาพ (Imaginary number) หมายถึง เลขที่ไม่ใช่จำนวนจริงซึ่งเลขเหล่านี้หาค่าไม่ได้ หรือ เลขจำนวนจินตนาการ ซึ่งเกิดจากการถอดรากที่สองของเลขจำนวนจริงที่ติดลบ ได้แก่ $\sqrt{-1}$, $\sqrt{-8}$, $\sqrt{-75}$ เป็นต้น การหาค่าจำนวนจินตภาพต้องทำเลขจำนวนจริงที่ติดลบเป็นค่าบวกเสียก่อน จึงสามารถถอดรากที่สองได้ (พจนานุกรมศัพท์ พุฒิमानิตพงษ์, 2556: 66) ทำได้ดังนี้

$$\begin{aligned}\sqrt{-2} &= \sqrt{-1 \times 2} = \sqrt{-1} \times \sqrt{2} = \sqrt{-1} \times 1.414 \\ \sqrt{-4} &= \sqrt{-1 \times 4} = \sqrt{-1} \times \sqrt{4} = \sqrt{-1} \times 2 \\ \sqrt{-20} &= \sqrt{-1 \times 20} = \sqrt{-1} \times \sqrt{20} = \sqrt{-1} \times 4.472\end{aligned}$$

ถ้ากำหนดให้ค่า $\sqrt{-1}$ ถูกแทนด้วยตัว j หรือตัว i โดยเอกสารประกอบการสอนจะใช้ตัว j ดังนั้นสามารถเขียนจำนวนจินตภาพได้ใหม่ดังนี้

$$\begin{aligned}\sqrt{-1} \times 1.414 &= j1.414 \\ \sqrt{-1} \times 2 &= j2 \\ \sqrt{-1} \times 4.472 &= j4.472\end{aligned}$$

จากที่กำหนดให้ $j = \sqrt{-1}$ ดังนั้น $j^2 = -1$ และค่าอื่น ๆ ก็หาค่าได้ดังต่อไปนี้

$$\begin{aligned}j^3 &= j^2 \times j = (-1) \times j = -j \\ j^4 &= j^2 \times j^2 = (-1) \times (-1) = 1 \\ j^5 &= j^4 \times j = (1) \times j = j \\ j^6 &= j^5 \times j = j \times j = j^2 = -1\end{aligned}$$

จากเลขจำนวนจินตภาพที่กล่าวมา ก็สามารถกำหนดลงบนเส้นตรงได้เช่นเดียวกัน เรียกว่า แนวเส้นจำนวนจินตภาพ (Imaginary number line) ดังรูปที่ 3.2 จากค่าศูนย์ไปทางขวามือเป็นค่าจำนวนจินตภาพทางบวกและจากค่าศูนย์ไปทางซ้ายมือเป็นค่าจำนวนจินตภาพทางลบ

Protected by PDF Anti-Copy Free
 (Upgrade to Pro Version to Remove the Watermark)



รูปที่ 3.2 เลขจำนวนจินตภาพบนแนวเส้นจินตภาพ

3.3 ความหมายของจำนวนเชิงซ้อน

จำนวนเชิงซ้อน (Complex number) หมายถึง การนำเลขที่เป็นจำนวนจริงกับจำนวนจินตภาพมาเขียนร่วมกัน ซึ่งใช้อักษรตัว z เป็นอักษรกำกับ โดยมีรูปแบบพื้นฐานดังนี้

$$z = x \pm jy$$

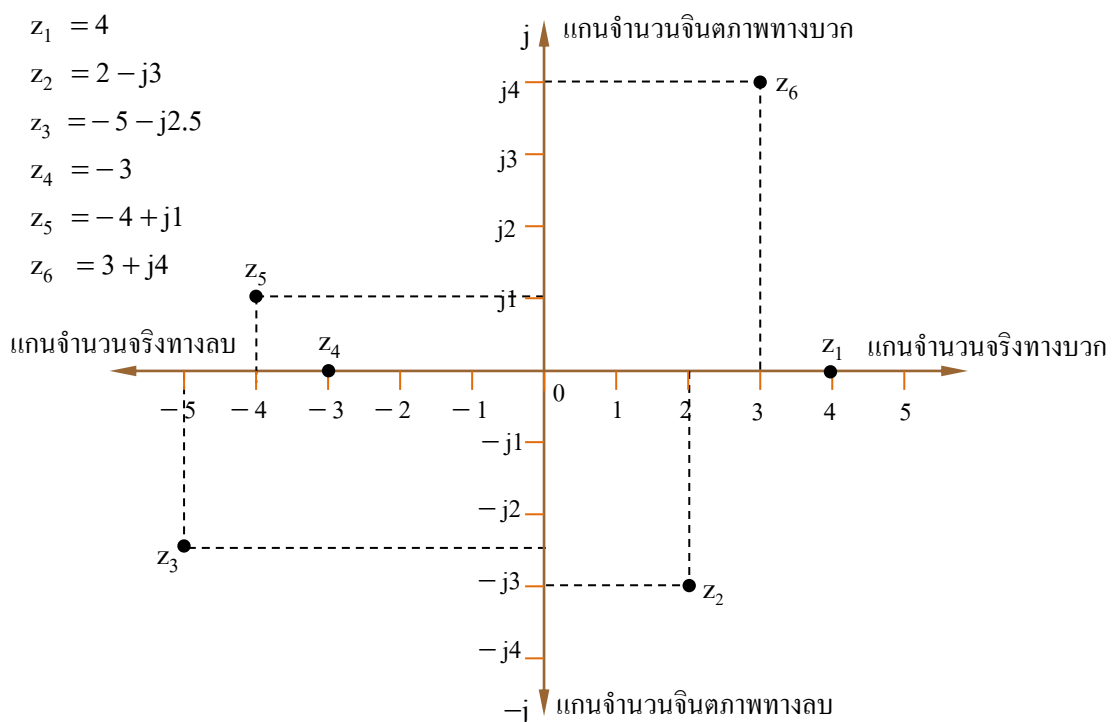
.... (3.1)

เมื่อ

x เรียกว่า ส่วนที่เป็นจำนวนจริง

jy เรียกว่า ส่วนที่เป็นจำนวนจินตภาพ

ถ้านำแนวเส้นของจำนวนจริงและแนวเส้นของจำนวนจินตภาพ มาเขียนประกอบร่วมกัน โดยให้แนวเส้นจำนวนจริงอยู่ในแนวแกนนอน และแนวเส้นจำนวนจินตภาพให้อยู่ในแนวแกนตั้ง ซึ่งตัดตั้งฉากกัน เรียกว่า ระนาบเชิงซ้อน (Complex plane) (Thomas L. Floyd, 2003: 476) เมื่อนำเลขจำนวนเหล่านี้มาเขียนบนระนาบเชิงซ้อน ก็ทำให้ได้ตำแหน่งของจำนวนเชิงซ้อนหลายตำแหน่งและหลาย ๆ ค่า ดังรูปที่ 3.3



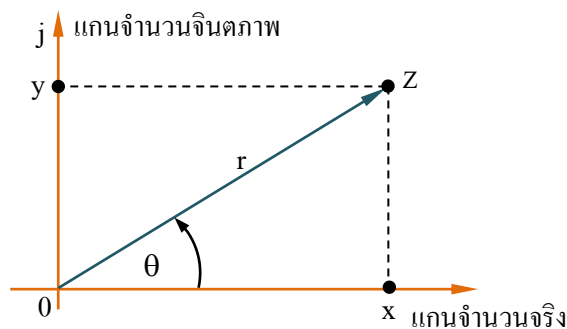
รูปที่ 3.3 จำนวนเชิงซ้อนหลายตำแหน่งและหลายค่าบนระนาบเชิงซ้อน

วิชา วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ	ใบเนื้อหา	หน้า 7
รหัส 2104-2003	จำนวนเชิงซ้อน	หน่วยที่ 3

(Upgrade to Pro Version to Remove the Watermark)

3.4 รูปแบบของจำนวนเชิงซ้อน

จากรูปแบบพื้นฐานของจำนวนเชิงซ้อน $z = x + jy$ ซึ่งเรียกรูปแบบนี้ว่า แบบพิกัดฉาก (Rectangular form) และยังสามารถเปลี่ยนเป็นอีกได้ดังรูปที่ 3.4 ตำแหน่งของ z ประกอบด้วยจำนวนจริงเท่ากับ x จำนวนจินตภาพเท่ากับ y นอกจากนี้ตำแหน่งของ z ยังมีค่าเท่ากับความยาวของเส้นจากจุด 0 ไปยัง z (ความยาวของ r) และทำมุม θ กับแกนจำนวนจริง



รูปที่ 3.4 แสดงจำนวนเชิงซ้อน

จากรูปที่ 3.4 สามารถหาค่าของ x และ y ได้ตามลำดับดังนี้

$$x = r \cos \theta$$

และ

$$y = r \sin \theta$$

จากสมการ

$$z = x + jy$$

เมื่อแทนค่า x และ y ลงในสมการ (3.1) จะได้

$$z = r \cos \theta + jr \sin \theta$$

$$z = r(\cos \theta + j \sin \theta) \quad \dots (3.2)$$

สมการที่ (3.2) เป็นรูปแบบตรีโกณมิติ (Trigonometric form)

จากทฤษฎีของพิทาโกรัสเกี่ยวกับสามเหลี่ยมมุมฉาก ของรูปที่ 3.4

$$r = \sqrt{x^2 + y^2} \quad \text{และ} \quad \theta = \tan^{-1} \left(\frac{y}{x} \right)$$

เมื่อ r คือ ค่าสัมบูรณ์ของ z หรืออาจจะกล่าวว่าเป็นระยะทางระหว่างจุดกำเนิด (จุด 0) กับจุด z ซึ่งระยะทางนี้มีค่าเป็นบวกเสมอ และ θ เป็นมุมที่เส้นตรงเชื่อมจากจุดกำเนิดไปยังจุด z ทำกับแกนจำนวนจริง เขียนเป็นสมการได้อีกรูปแบบหนึ่งดังนี้

$$z = \sqrt{x^2 + y^2} \angle \tan^{-1} \left(\frac{y}{x} \right)$$

$$z = r \angle \theta \quad \dots (3.3)$$

สมการที่ (3.3) เป็นรูปแบบเชิงขั้ว (Polar form)

วิชา วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ	ใบเนื้อหา	หน้า 8
รหัส 2104-2003	จำนวนเชิงซ้อน	หน่วยที่ 3

Protected by PDF Anti-Copy Free
 (Upgrade to Pro Version to Remove the Watermark)

จากกฎของออยเลอร์ (Euler's formula) จะได้

$$e^{j\theta} = \cos\theta + j\sin\theta \quad \dots (3.4)$$

นำค่าจากสมการที่ (3.4) แทนลงในสมการ (3.2) จะได้

$$z = r(\cos\theta + j\sin\theta) \quad \dots (3.5)$$

สมการที่ (3.5) เป็นรูปแบบชี้กำลัง (Exponential form) จากที่กล่าวมาสรุปได้ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 รูปแบบของจำนวนเชิงซ้อนและรูปแบบของสมการ

รูปแบบของจำนวนเชิงซ้อน	รูปแบบของสมการ
1. แบบพิกัดฉาก	$z = x + jy$
2. แบบตรีโกณมิติ	$z = r(\cos\theta + j\sin\theta)$
3. รูปแบบเชิงขั้ว	$z = r \angle \theta$
4. รูปแบบชี้กำลัง	$z = r e^{j\theta}$

3.5 การเปลี่ยนรูปแบบของจำนวนเชิงซ้อน

รูปแบบของจำนวนเชิงซ้อนมี 4 รูปแบบ สามารถเปลี่ยนให้เป็นรูปแบบใดก็ได้ดังตัวอย่าง

ตัวอย่างที่ 3.1 จงเปลี่ยน $5 + j4$ ให้อยู่ในรูปแบบตรีโกณมิติ รูปแบบชี้กำลัง และรูปแบบเชิงขั้ว

วิธีทำ โจทย์กำหนดให้ $x = 5$ และ $y = 4$

จากสมการ $r = \sqrt{x^2 + y^2}$ และ $\theta = \tan^{-1}\left(\frac{y}{x}\right)$

แทนค่า $r = \sqrt{(5^2 + 4^2)} = \sqrt{(25 + 16)}$

$$r = \sqrt{41} = 6.403$$

และ $\theta = \tan^{-1}\left(\frac{y}{x}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{4}{5}\right)$

$$= \tan^{-1} 0.8$$

$$\theta = 38.66^\circ$$

จากรูปแบบตรีโกณมิติ $z = r(\cos\theta + j\sin\theta)$

แทนค่า $z = 6.403(\cos 38.66^\circ + j\sin 38.66^\circ)$

รูปแบบตรีโกณมิติมีค่าเท่ากับ $6.403(\cos 38.66^\circ + j\sin 38.66^\circ)$ **ตอบ**

จากรูปแบบชี้กำลัง $z = r e^{j\theta}$

แทนค่า $z = 6.403 e^{j38.66^\circ}$

รูปแบบชี้กำลังมีค่าเท่ากับ $6.403 e^{j38.66^\circ}$ **ตอบ**

วิชา วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ	ใบเนื้อหา	หน้า 9
รหัส 2104-2003	จำนวนเชิงซ้อน	หน่วยที่ 3

Protected by PDF Anti-Copy Free
 (Upgrade to Pro Version to Remove the Watermark)

จากรูปแบบเชิงขั้ว

$$z = r / \theta$$

แทนค่า

$$z = 30 / 38.66^\circ$$

รูปแบบเชิงขั้วมีค่าเท่ากับ

$$30 / 38.66^\circ$$

ตอบ

ตัวอย่างที่ 3.2

จงเปลี่ยน $30 (\cos 240^\circ + j \sin 240^\circ)$ ให้อยู่ในรูปแบบเชิงขั้วและรูปแบบพิกัดฉาก

วิธีทำ โจทย์กำหนดให้

$$r = 30 \text{ และ } \theta = 240^\circ$$

จากรูปแบบเชิงขั้ว

$$z = r / \theta$$

แทนค่า

$$z = 30 / 240^\circ$$

รูปแบบเชิงขั้วมีค่าเท่ากับ

$$30 / 240^\circ$$

ตอบ

ในรูปแบบพิกัดฉากต้องหาค่า x และ y ดังนี้

$$\begin{aligned} x &= r \cos \theta = 30 \cos 240^\circ \\ &= 30 \times (-0.5) = -15 \\ y &= r \sin \theta = 30 \sin 240^\circ \\ &= 30 \times (-0.866) = -25.98 \end{aligned}$$

จากรูปแบบพิกัดฉาก

$$z = x + jy$$

แทนค่า

$$z = -15 - j25.98$$

รูปแบบพิกัดฉากมีค่าเท่ากับ

$$-15 - j25.98$$

ตอบ

3.6 ข้อควรพิจารณาการเปลี่ยนจากรูปแบบพิกัดฉากเป็นรูปแบบเชิงขั้ว

ในการเปลี่ยนจากรูปแบบพิกัดฉากเป็นรูปแบบเชิงขั้วมีข้อควรพิจารณาดังนี้

1. ค่าของ Z มีค่าเป็นบวกเสมอ

2. การหามุม θ ให้พิจารณาดังนี้

2.1 ถ้า x เป็นค่าบวก y เป็นค่าบวก และถ้า x เป็นค่าบวก y เป็นค่าลบ จะได้มุม θ ที่ถูกต้องและทำให้ตำแหน่งของ z ถูกต้องด้วย โดยหามุม θ ดังนี้

$$\text{กำหนดให้ } z = x + jy \quad \text{ดังนั้น } \theta = \tan^{-1} \left(\frac{y}{x} \right)$$

$$\text{และ } z = x - jy \quad \text{ดังนั้น } \theta = \tan^{-1} \left(\frac{-y}{x} \right)$$

2.2 ถ้า x เป็นค่าลบ y เป็นค่าบวก และถ้า x เป็นค่าลบ y เป็นค่าลบ ต้องหามุม ϕ ที่ค่า x และ y ดังกล่าวก่อน เมื่อได้มุม ϕ แล้ว ต้องบวกด้วย 180° จึงจะได้มุม θ และตำแหน่งของ z ที่ถูกต้อง โดยมุม ϕ หาได้ดังนี้

วิชา วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ	ใบเนื้อหา	หน้า 10
รหัส 2104-2003	จำนวนเชิงซ้อน	หน่วยที่ 3

Protected by PDF Anti-Copy Free

(Upgrade to Pro Version to Remove the Watermark)

กำหนดให้ $z = -x + jy$ ดังนั้น $\phi = \tan^{-1} \left(\frac{y}{-x} \right)$

และ $z = -x - jy$ $\phi = \tan^{-1} \left(\frac{-y}{-x} \right)$

เพราะฉะนั้น $\theta = \phi + 180^\circ$ (3.6)

จากที่กล่าวมาจะคำนวณหาค่าต่าง ๆ และตำแหน่งต่าง ๆ ของ z ดังตัวอย่างที่ 3.3

ตัวอย่างที่ 3.3 กำหนดให้ $z_1 = 8 + j6, z_2 = 5 - j7, z_3 = -7 + j4$ และ $z_4 = -6 - j9$ จงเปลี่ยนจำนวนเชิงซ้อนเหล่านี้ให้อยู่ในรูปแบบเชิงขั้วพร้อมเขียนตำแหน่งของ z ค่าต่าง ๆ

วิธีทำ

ที่ z_1

$$r_1 = \sqrt{x_1^2 + y_1^2} = \sqrt{8^2 + 6^2}$$

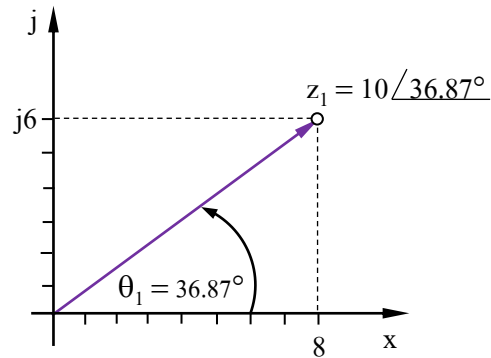
$$= \sqrt{100}$$

$$= 10$$

$$\theta_1 = \tan^{-1} \left(\frac{y_1}{x_1} \right) = \tan^{-1} \left(\frac{6}{8} \right)$$

$$= \tan^{-1} 0.75$$

$$= 36.87^\circ$$



ตำแหน่งของ z_1 เมื่อ x_1 เป็น +8 และ y_1 เป็น +6

ที่ z_2

$$r_2 = \sqrt{x_2^2 + y_2^2} = \sqrt{5^2 + (-7)^2}$$

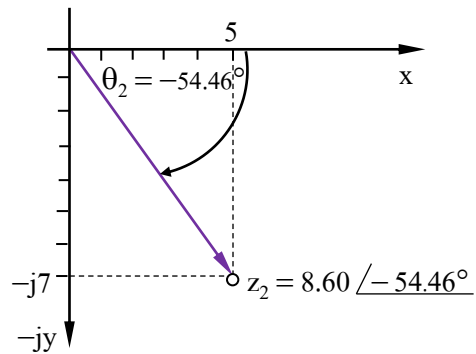
$$= \sqrt{74}$$

$$= 8.60$$

$$\theta_2 = \tan^{-1} \left(\frac{y_2}{x_2} \right) = \tan^{-1} \left(\frac{-7}{5} \right)$$

$$= \tan^{-1} (-1.4)$$

$$= -54.46^\circ$$



ตำแหน่งของ z_2 เมื่อ x_2 เป็น +5 และ y_2 เป็น -7

ที่ z_3

$$r_3 = \sqrt{x_3^2 + y_3^2} = \sqrt{(-7)^2 + 4^2}$$

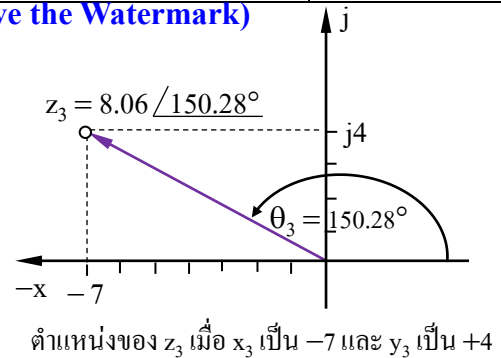
$$= \sqrt{65}$$

$$= 8.06$$

วิชา วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ	ใบเนื้อหา	หน้า 11
รหัส 2104-2003	จำนวนเชิงซ้อน	หน่วยที่ 3

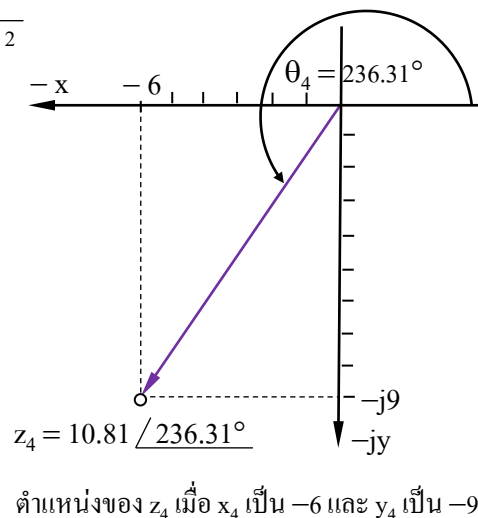
(Upgrade to Pro Version to Remove the Watermark)

$$\begin{aligned}\phi_3 &= \tan^{-1} \left(\frac{y_3}{x_3} \right) = \tan^{-1} \left(\frac{4}{-7} \right) \\ &= \tan^{-1} (-0.571) \\ &= -29.72^\circ \\ \theta_3 &= \phi_3 + 180^\circ \\ \theta_3 &= -29.72^\circ + 180^\circ = 150.28^\circ\end{aligned}$$



ที่ z_4

$$\begin{aligned}r_4 &= \sqrt{x_4^2 + y_4^2} = \sqrt{(-6)^2 + (-9)^2} \\ &= \sqrt{117} \\ &= 10.81 \\ \phi_4 &= \tan^{-1} \left(\frac{y_4}{x_4} \right) = \tan^{-1} \left(\frac{-9}{-6} \right) \\ &= \tan^{-1} (1.5) \\ &= 56.31^\circ \\ \theta_4 &= \phi_4 + 180^\circ \\ \theta_4 &= 56.31^\circ + 180^\circ = 236.31^\circ\end{aligned}$$



3.7 การคำนวณจำนวนเชิงซ้อนด้วยวิธีต่าง ๆ

3.7.1 การบวกและลบจำนวนเชิงซ้อน การบวกและลบจำนวนเชิงซ้อนนี้จะต้องทำให้อยู่ในรูปแบบของพิกัดฉากเสมอ เพราะมีความสะดวกและง่ายต่อการวิเคราะห์ นั่นคือให้นำค่าจำนวนจริงมาบวกหรือลบกับจำนวนจริงและนำค่าจำนวนจินตภาพมาบวกหรือลบกับจำนวนจินตภาพ

กำหนดให้ $z_1 = x_1 + jy_1$ และ $z_2 = x_2 + jy_2$ ดังนั้น

$$z_1 + z_2 = (x_1 + jy_1) + (x_2 + jy_2)$$

$$z_1 + z_2 = (x_1 + x_2) + j(y_1 + y_2) \quad \dots (3.7)$$

ตัวอย่างที่ 3.4 กำหนดให้ $z_1 = 4 + j6$ และ $z_2 = 6 + j3$ จงหา

- $z_1 + z_2$
- $z_1 - z_2$

วิธีทำ

$$\begin{aligned}\text{ก. } z_1 + z_2 &= (4 + j6) + (6 + j3) \\ &= (4 + 6) + (j6 + j3) \\ z_1 + z_2 &= 10 + j9\end{aligned}$$

วิชา วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ	ใบเนื้อหา	หน้า 12
รหัส 2104-2003	จำนวนเชิงซ้อน	หน่วยที่ 3

Protected by PDF Anti-Copy Free

(Upgrade to Pro Version to Remove the Watermark)

$z_1 + z_2$ มีค่าเท่ากับ $10 + j9$ **ตอบ**

ข. $z_1 - z_2$ $z_1 - z_2 = (6 - j3) - (6 + j3)$

$$= (6 - 6) - (j3 + j3)$$

$$z_1 - z_2 = 0 - j6$$

$z_1 - z_2$ มีค่าเท่ากับ $-2 + j3$ **ตอบ**

ตัวอย่างที่ 3.5

กำหนดให้ $z_1 = 2 - j5$, $z_2 = -3 + j8$, $z_3 = 6$ และ $z_4 = -j9$ จงหาผลบวกของจำนวนเชิงซ้อน

วิธีทำ

$$z_t = z_1 + z_2 + z_3 + z_4$$

$$= (2 - j5) + (-3 + j8) + (6 + j0) + (0 - j9)$$

$$= (2 - 3 + 6) + (-j5 + j8 - j9)$$

$$z_t = 5 - j6$$

ผลบวกของจำนวนเชิงซ้อนมีค่าเท่ากับ $5 - j6$ **ตอบ**

ตัวอย่างที่ 3.6

กำหนดให้ $z_1 = 3 - j4$ และ $z_2 = 7.07 \angle -45^\circ$ จงหาผลบวกของจำนวนเชิงซ้อน

วิธีทำ

เปลี่ยน z_2 จากรูปแบบเชิงขั้วให้อยู่ในรูปแบบพิกัดฉาก

$$x_2 = r_2 \cos \theta_2 = 7.07 \cos(-45^\circ) = 5$$

$$y_2 = r_2 \sin \theta_2 = 7.07 \sin(-45^\circ) = -5$$

$$z_t = z_1 + z_2$$

$$= (3 - j4) + (5 - j5) = (3 + 5) + (-j4 - j5)$$

$$= 8 - j9$$

ผลบวกของจำนวนเชิงซ้อนมีค่าเท่ากับ $8 - j9$ **ตอบ**

3.7.2 การคูณจำนวนเชิงซ้อน

วิธีการคูณจำนวนเชิงซ้อนนี้ ส่วนมากจะกระทำได้ 3 รูปแบบ โดยการคูณกันนี้ถ้าจำนวนเชิงซ้อนต่างรูปแบบกันต้องเปลี่ยนให้เป็นรูปแบบเดียวกันเสียก่อนจึงนำมาคูณกัน

- ถ้าจำนวนเชิงซ้อนเป็นรูปแบบเชิงขั้ว

$$\text{ให้ } z_1 = r_1 \angle \theta_1 \text{ และ } z_2 = r_2 \angle \theta_2$$

จะได้ว่า

$$z_1 \times z_2 = r_1 \times r_2 \angle (\theta_1 + \theta_2)$$

.... (3.8)

- ถ้าจำนวนเชิงซ้อนเป็นรูปแบบพิกัดฉาก

$$\text{ให้ } z_1 = x_1 + jy_1 \text{ และ } z_2 = x_2 + jy_2$$

จะได้ว่า

$$z_1 \times z_2 = (x_1 + jy_1) \times (x_2 + jy_2)$$

$$= x_1x_2 + x_1jy_2 + jy_1x_2 + j^2y_1y_2$$

วิชา วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ	ใบเนื้อหา	หน้า 13
รหัส 2104-2003	จำนวนเชิงซ้อน	หน่วยที่ 3

(Upgrade to Pro Version to Remove the Watermark)

$$z_1 \times z_2 = (x_1 x_2 - y_1 y_2) + j(x_1 y_2 + y_1 x_2) \dots (3.9)$$

3. ถ้าจำนวนเชิงซ้อนเป็นรูป

$$\text{ให้ } z_1 = r_1 e^{j\theta_1} \text{ และ } z_2 = r_2 e^{j\theta_2}$$

จะได้ว่า

$$z_1 \times z_2 = (r_1 \times r_2) e^{j(\theta_1 + \theta_2)} \dots (3.10)$$

ตัวอย่างที่ 3.7

กำหนดให้ $z_1 = 4 \angle 35^\circ$ และ $z_2 = 5 \angle -75^\circ$ จงหา $z_1 \times z_2$

วิธีทำ

$$\begin{aligned} z_1 \times z_2 &= r_1 \times r_2 \angle (\theta_1 + \theta_2) \\ &= (4 \times 5) \angle 35^\circ + (-75^\circ) \\ z_1 \times z_2 &= 20 \angle -40^\circ \end{aligned}$$

$z_1 \times z_2$ มีค่าเท่ากับ

$$20 \angle -40^\circ$$

ตอบ

ตัวอย่างที่ 3.8

กำหนดให้ $z_1 = 2 - j3$ และ $z_2 = 4 + j3$ จงหา $z_1 \times z_2$

วิธีทำ

$$\begin{aligned} z_1 \times z_2 &= (x_1 + jy_1) \times (x_2 + jy_2) \\ &= (2 - j3) \times (4 + j3) \\ &= 8 + j6 - j12 - j^2 9 \\ &= 8 + j6 - j12 - (-1)9 \\ z_1 \times z_2 &= 17 - j6 \end{aligned}$$

$z_1 \times z_2$ มีค่าเท่ากับ

$$17 - j6$$

ตอบ

ตัวอย่างที่ 3.9

กำหนดให้ $z_1 = 5 \angle -36.87^\circ$ และ $z_2 = 5 + j12$ จงหา $z_1 \times z_2$

วิธีทำที่ 1 เปลี่ยน z_1 จากรูปแบบเชิงขั้วให้อยู่รูปแบบพิกัดฉาก

$$\begin{aligned} x_1 &= r_1 \cos \theta_1 = 5 \cos (-36.87^\circ) = 4 \\ y_1 &= r_1 \sin \theta_1 = 5 \sin (-36.87^\circ) = -3 \\ z_1 \times z_2 &= (4 - j3) \times (5 + j12) \\ &= 20 + j48 - j15 - j^2 36 \\ &= 20 + j48 - j15 - (-1)36 \\ z_1 \times z_2 &= 56 + j33 \end{aligned}$$

$z_1 \times z_2$ มีค่าเท่ากับ

$$56 + j33$$

ตอบ

วิชา วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ	ใบเนื้อหา	หน้า 14
รหัส 2104-2003	จำนวนเชิงซ้อน	หน่วยที่ 3

Protected by PDF Anti-Copy Free

(Upgrade to Pro Version to Remove the Watermark)

วิธีทำที่ 2 เปลี่ยน z_2 จากรูปแบบพิกัดฉากให้อยู่ในรูปแบบเชิงขั้ว

$$z_2 = \sqrt{(5^2 + 12^2)} \angle \tan^{-1} \left(\frac{12}{5} \right) = 13 \angle 67.38^\circ$$

$$z_1 \times z_2 = (5 \times 13) \angle (\theta_1 + \theta_2)$$

$$z_1 \times z_2 = 65 \angle 30.51^\circ$$

เปลี่ยนค่า $65 \angle 30.51^\circ$ จากรูปแบบเชิงขั้วไปเป็นรูปแบบพิกัดฉาก จะได้

$$x = 65 \cos(30.51^\circ) = 65 \times (0.862) = 56$$

$$y = 65 \sin(30.51^\circ) = 65 \times (0.508) = 33$$

ดังนั้น

$$z_1 \times z_2 = x + jy = 56 + j33$$

$z_1 \times z_2$ มีค่าเท่ากับ

$$56 + j33$$

ตอบ

หมายเหตุ จากคำตอบทั้งสองวิธี ถ้าเปลี่ยนไปเป็นรูปแบบใดรูปแบบหนึ่งก็ทำได้คำตอบเท่ากัน

3.7.3 การหารจำนวนเชิงซ้อน วิธีการหารจำนวนเชิงซ้อนจะมีรูปแบบและวิธีการเช่นเดียวกันกับวิธีคูณ ซึ่งพิจารณาได้ดังนี้

1. ถ้าจำนวนเชิงซ้อนเป็นรูปแบบเชิงขั้ว

$$\text{ให้ } z_1 = r_1 \angle \theta_1 \text{ และ } z_2 = r_2 \angle \theta_2$$

จะได้ว่า

$$\frac{z_1}{z_2} = \frac{r_1}{r_2} \angle (\theta_1 - \theta_2) \quad \dots (3.11)$$

2. ถ้าจำนวนเชิงซ้อนเป็นแบบพิกัดฉาก จะต้องคอนจูเกต (Conjugate) ส่วนที่หารก่อน แล้วจึงนำมาคูณทั้งเศษและส่วน กำหนดให้ $z_1 = x_1 + jy_1$ และ $z_2 = x_2 + jy_2$

การคอนจูเกต หมายถึง การทำเครื่องหมายในส่วนจินตภาพให้เป็นเครื่องหมายตรงข้าม

$$\frac{z_1}{z_2} = \frac{x_1 + jy_1}{x_2 + jy_2} \times \frac{x_2 - jy_2}{x_2 - jy_2}$$

ส่วนที่หาร

$$= \frac{x_1 x_2 - jy_2 x_1 + jy_1 x_2 - j^2 y_1 y_2}{x_2^2 - jy_2 x_2 + jy_2 x_2 - j^2 y_2^2}$$

คอนจูเกตแล้วให้นำมาคูณทั้งเศษและส่วน

$$\frac{z_1}{z_2} = \frac{x_1 x_2 - jy_2 x_1 + jy_1 x_2 + y_1 y_2}{x_2^2 + y_2^2} \quad \dots (3.12)$$

วิชา วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ	ใบเนื้อหา	หน้า 15
รหัส 2104-2003	จำนวนเชิงซ้อน	หน่วยที่ 3

Protected by PDF Anti-Copy Free

(Upgrade to Pro Version to Remove the Watermark)

3. ถ้าจำนวนเชิงซ้อนเป็นแบบชี้กำลัง

ให้ $z_1 = r_1 e^{j\theta_1}$ และ $z_2 = r_2 e^{j\theta_2}$

จะได้ว่า

$$\frac{z_1}{z_2} = \frac{r_1}{r_2} e^{j(\theta_1 - \theta_2)}$$

.... (3.13)

ตัวอย่างที่ 3.10

กำหนดให้ $z_1 = 30 \angle -60^\circ$ และ $z_2 = 4 \angle -100^\circ$ จงหา $\frac{z_1}{z_2}$

วิธีทำ

$$\begin{aligned} \frac{z_1}{z_2} &= \frac{r_1}{r_2} \angle (\theta_1 - \theta_2) \\ &= \frac{30}{4} \angle (-60^\circ) - (-100^\circ) \\ &= 7.5 \angle 40^\circ \end{aligned}$$

$\frac{z_1}{z_2}$ มีค่าเท่ากับ

$7.5 \angle 40^\circ$

ตอบ

ตัวอย่างที่ 3.11

กำหนดให้ $z_1 = 8 - j4$ และ $z_2 = 3 + j2$ จงหา $\frac{z_1}{z_2}$

วิธีทำ

$$\begin{aligned} \frac{z_1}{z_2} &= \frac{8 - j4}{3 + j2} \times \frac{3 - j2}{3 - j2} \\ &= \frac{24 - j16 - j12 + j^2 8}{9 - j6 + j6 - j^2 4} \\ &= \frac{16 - j28}{9 + 4} \\ &= \frac{16 - j28}{13} = 1.231 - j2.153 \end{aligned}$$

$\frac{z_1}{z_2}$ มีค่าเท่ากับ

$1.231 - j2.153$

ตอบ

ตัวอย่างที่ 3.12

กำหนดให้ $z_1 = 20 e^{j53.13^\circ}$ และ $z_2 = 2 - j1.5$ จงหา $\frac{z_1}{z_2}$

วิธีทำ

เปลี่ยน z_1 จากรูปแบบชี้กำลังให้อยู่รูปแบบเชิงขั้ว โดย $r_1 = 20$ และ $\theta_1 = 53.13^\circ$

ดังนั้น

$$z_1 = r_1 \angle \theta_1 = 20 \angle 53.13^\circ$$

เปลี่ยน z_2 จากรูปแบบพิกัดฉากให้อยู่รูปแบบเชิงขั้ว

วิชา วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ	ใบเนื้อหา	หน้า 16
รหัส 2104-2003	จำนวนเชิงซ้อน	หน่วยที่ 3

(Upgrade to Pro Version to Remove the Watermark)

$$z_1 = \sqrt{2^2 + (-1.5)^2} \angle \tan^{-1} \left(\frac{-1.5}{2} \right)$$

$$z_2 = \sqrt{4 + 2.25} \angle \tan^{-1} (-0.75)$$

ดังนั้น

$$z_2 = 2.5 \angle -36.87^\circ$$

$$\frac{z_1}{z_2} = \frac{2.5}{2.5} \angle 53.13^\circ - (-36.87^\circ)$$

$$\frac{z_1}{z_2} = 8 \angle 90^\circ$$

$\frac{z_1}{z_2}$ มีค่าเท่ากับ

$8 \angle 90^\circ$

ตอบ

สรุป

จำนวนจริง คือ จำนวนที่ทราบค่าแน่นอนว่ามีจำนวนมากหรือน้อยเพียงใด จำนวนจินตภาพ คือ เลขที่ไม่ใช่จำนวนจริงซึ่งเลขเหล่านี้หาค่าไม่ได้ หรือเลขจำนวนจินตนาการ ซึ่งเกิดจากการถอดรากที่สองของเลขจำนวนจริงที่ติดลบ จำนวนเชิงซ้อน คือการนำเลขที่เป็นจำนวนจริงกับจำนวนจินตภาพมาเขียนร่วมกัน รูปแบบพื้นฐานของจำนวนเชิงซ้อน $z = x + jy$ เรียกว่าแบบพิกัดฉาก การเปลี่ยนรูปแบบของจำนวนเชิงซ้อน มี 4 รูปแบบ ในการเปลี่ยนจากรูปแบบพิกัดฉากเป็นรูปแบบเชิงขั้วมีข้อควรพิจารณา ค่าของ Z มีค่าเป็นบวกเสมอและการหามุม θ ให้พิจารณา การคำนวณจำนวนเชิงซ้อนด้วยวิธีต่างๆ การบวกและลบจำนวนเชิงซ้อน การบวกและลบจำนวนเชิงซ้อนนี้จะต้องทำให้อยู่ในรูปแบบของพิกัดฉากเสมอ การคูณจำนวนเชิงซ้อน วิธีการคูณจำนวนเชิงซ้อนนี้ ส่วนมากจะกระทำได้ 3 รูปแบบ ถ้าจำนวนเชิงซ้อนเป็นรูปแบบเชิงขั้ว ถ้าจำนวนเชิงซ้อนเป็นรูปแบบพิกัดฉาก ถ้าจำนวนเชิงซ้อนเป็นรูปแบบชี้กำลัง การหารจำนวนเชิงซ้อน วิธีการหารจำนวนเชิงซ้อนจะมีรูปแบบและวิธีการเช่นเดียวกันกับวิธีคูณ

วิชา วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ	ใบงาน	หน้า 17
รหัส 2104-2003	จำนวนเชิงซ้อน	หน่วยที่ 3

Protected by PDF Anti-Copy Free
 (Upgrade to Pro Version to Remove the Watermark)

จุดประสงค์ทั่วไป

เพื่อให้นักศึกษาสามารถเขียนค่าแอมพลิจูด รูปแบบ และค่ามุม จำนวนเชิงซ้อน



วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. เขียนตำแหน่งจำนวนเชิงซ้อน ได้ถูกต้อง
2. เปลี่ยนรูปแบบจำนวนเชิงซ้อนได้ถูกต้อง
3. คำนวณจำนวนเชิงซ้อนด้วยวิธีต่าง ๆ ได้

เครื่องมือและอุปกรณ์การดำเนินงาน

- | | | |
|----------------------------------|---|---------|
| 1. เครื่องคำนวณกลุ่มละ | 1 | เครื่อง |
| 2. ไม้บรรทัดที่ใช้วัดมุมเป็นองศา | 1 | อัน |

ค่านำ ทางใบปฏิบัติงาน

จำนวนเชิงซ้อน คือ จำนวนที่ประกอบด้วยจำนวนจริงกับจำนวนจินตภาพ การบวกลบจำนวนเชิงซ้อน จะทำได้ในรูปแบบของ Rectangular form เท่านั้น การคูณ Rectangular form เราจะเปลี่ยนให้อยู่ในรูปแบบของ Polar form ก่อนเพื่อต่อการคำนวณ และค่อยเปลี่ยนรูปแบบกลับคืน การหารจำนวนเชิงซ้อน เรานิยมหารในรูปแบบของ Polar form ซึ่งมีการคำนวณที่ง่ายกว่า ดังนั้นในการหารที่อยู่ในรูปแบบอื่นๆ ควรเปลี่ยนเป็น Polar form ก่อน แล้วทำการหารค่า เมื่อจะตอบคำตอบควรกลับไปรูปแบบเดิม

ข้อเสนอแนะและข้อควรระวังก่อนการคำนวณ

ก่อนการคำนวณ ต้องศึกษาเรื่องจำนวนเชิงซ้อน วิธี บวก ลบ จำนวนเชิงซ้อน วิธีคูณจำนวนเชิงซ้อน วิธีหารจำนวนเชิงซ้อน และการเปลี่ยน Form ต่างๆ เพื่อจะได้คำตอบที่ถูกต้อง

การดำเนินงาน

1. แบ่งนักเรียนในห้องเรียนออกเป็นกลุ่ม ๆ ละ 4 คน โดยแต่ละกลุ่มประกอบด้วย คนเรียนเก่ง 1 คน คนเรียนปานกลาง 2 คน และคนเรียนพอใช้ 1 คน
2. มอบเครื่องคำนวณเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาโจทย์ กลุ่มละ 1 เครื่อง
3. มอบหมายให้แต่ละกลุ่มอ่านและช่วยกันแก้ปัญหาโจทย์ที่กำหนดให้
4. ต้องให้นักเรียนในแต่ละกลุ่มทำด้วยตนเอง และครูคอยให้คำแนะนำหากมีปัญหาในระหว่างการทำ
5. ให้แต่ละกลุ่มนำเสนอผลงานในการแก้ปัญหาโจทย์ โดยครูมอบหมายให้กลุ่มละ 1 ชื่อ ในการได้มาซึ่งคำตอบ โดยให้ทำบนกระดานไวท์บอร์ด หรือรูปแบบอื่นที่เห็นว่ามีเหมาะสม

วิชา วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ	ใบงาน	หน้า 18
รหัส 2104-2003	จำนวนเชิงซ้อน	หน่วยที่ 3

Protected by PDF Anti-Copy Free
 (Upgrade to Pro Version to Remove the Watermark)

คำชี้แจง

1. จากจำนวนเชิงซ้อนที่กำหนดให้

$$z_1 = -3 + j5$$

z_2

$$z_3 = 4 - j4$$

$$z_4 = 0 - j5$$

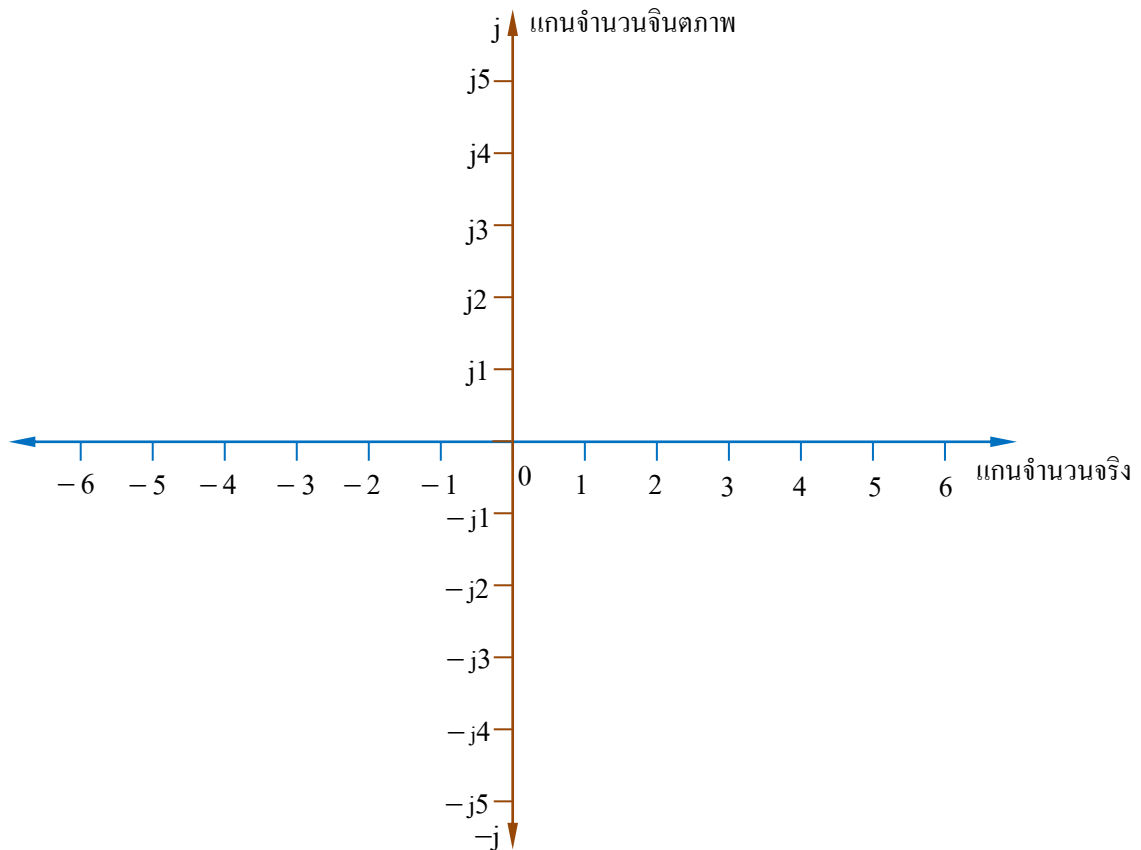
$$z_5 = -5 - j3$$

$$z_6 = -4 + j0$$



ก. เขียนตำแหน่งเชิงซ้อนบนระนาบเชิงซ้อนในรูปแบบพิกัดฉาก ลงในรูปที่ 3.5

ข. ให้ลากเส้นจากจุดเริ่มต้น (จุด 0) ไปยังตำแหน่งของ z ค่าต่าง ๆ แล้ววัดมุมด้วยไม้บรรทัดที่ใช้วัดมุมเป็นองศาโดยเทียบกับแกนจำนวนจริง แล้วเขียนตำแหน่งเชิงซ้อนบนระนาบเชิงซ้อนในรูปแบบเชิงขั้ว ลงในรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 จำนวนเชิงซ้อนหลายตำแหน่งและหลายค่าบนระนาบเชิงซ้อน

วิชา วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ	ใบงาน	หน้า 21
รหัส 2104-2003	งานชิ้นที่ 3	หน่วยที่ 3

Protected by PDF Anti-Copy Free
(Upgrade to Pro Version to Remove the Watermark)



วิชา วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ	ใบงาน	หน้า 22
รหัส 2104-2003	จำนวนเชิงซ้อน	หน่วยที่ 3

Protected by PDF Anti-Copy Free

(Upgrade to Pro Version to Remove the Watermark)

แบบประเมินผลปฏิบัติงานการทดลอง

ที่	รายการประเมิน	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้	หมายเหตุ
1	เขียนตำแหน่งจำนวนเชิงซ้อนของข้อ 1 ถูกต้อง	2		
2	ค่าที่คำนวณมีความถูกต้องทั้ง 5 ข้อ	5		
3	ความเป็นระเบียบเรียบร้อยของงานที่คำนวณ	2		
4	การนำเสนอของงานของกลุ่มถูกต้อง	5		
5	รูปแบบการนำเสนอของงานมีความง่ายต่อการเข้าใจ	4		
6	ผลงานสำเร็จและส่งงานภายในชั่วโมงของการเรียน	2		
คะแนนเต็ม		20		

ผลการประเมิน

- 16-20 คะแนน อยู่ในเกณฑ์ดีมาก
- 14-15 คะแนน อยู่ในเกณฑ์ดี
- 12-13 คะแนน อยู่ในเกณฑ์ปานกลาง
- 10-11 คะแนน อยู่ในเกณฑ์พอใช้
- ต่ำกว่า 10 คะแนน อยู่ในเกณฑ์ไม่ผ่านและต้องปรับปรุง

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(นายไมตรี.....ไพชชมพู.)

...../...../.....

วิชา วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ	ใบงาน	หน้า 23
รหัส 2104-2003	จำนวนเชิงซ้อน	หน่วยที่ 3

Protected by PDF Anti-Copy Free

(Upgrade to Pro Version to Remove the Watermark)

แบบประเมินใบประเมินผลเจตคติที่พึงประสงค์

ที่	รายการประเมิน	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้	หมายเหตุ
1	เข้าเรียนตรงต่อเวลา	2		
2	ส่งใบงานตรงตามเวลาที่กำหนด	2		
3	มีความรับผิดชอบในการปฏิบัติงาน	2		
4	มีความเชื่อมั่นในตนเอง	2		
5	มีความสนใจใฝ่รู้	2		
6	มีความรักสามัคคีภายในกลุ่ม	2		
7	มีความซื่อสัตย์สุจริต	2		
8	มีมนุษยสัมพันธ์ในการทำงาน	2		
9	การแต่งกายถูกต้องตามระเบียบสถานศึกษา	2		
10	ปฏิบัติตามกฎระเบียบ ข้อบังคับ ของสถานศึกษา	2		
	คะแนนเต็ม	20		

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(นายไมตรี.....ไชยชมพู.)

...../...../.....