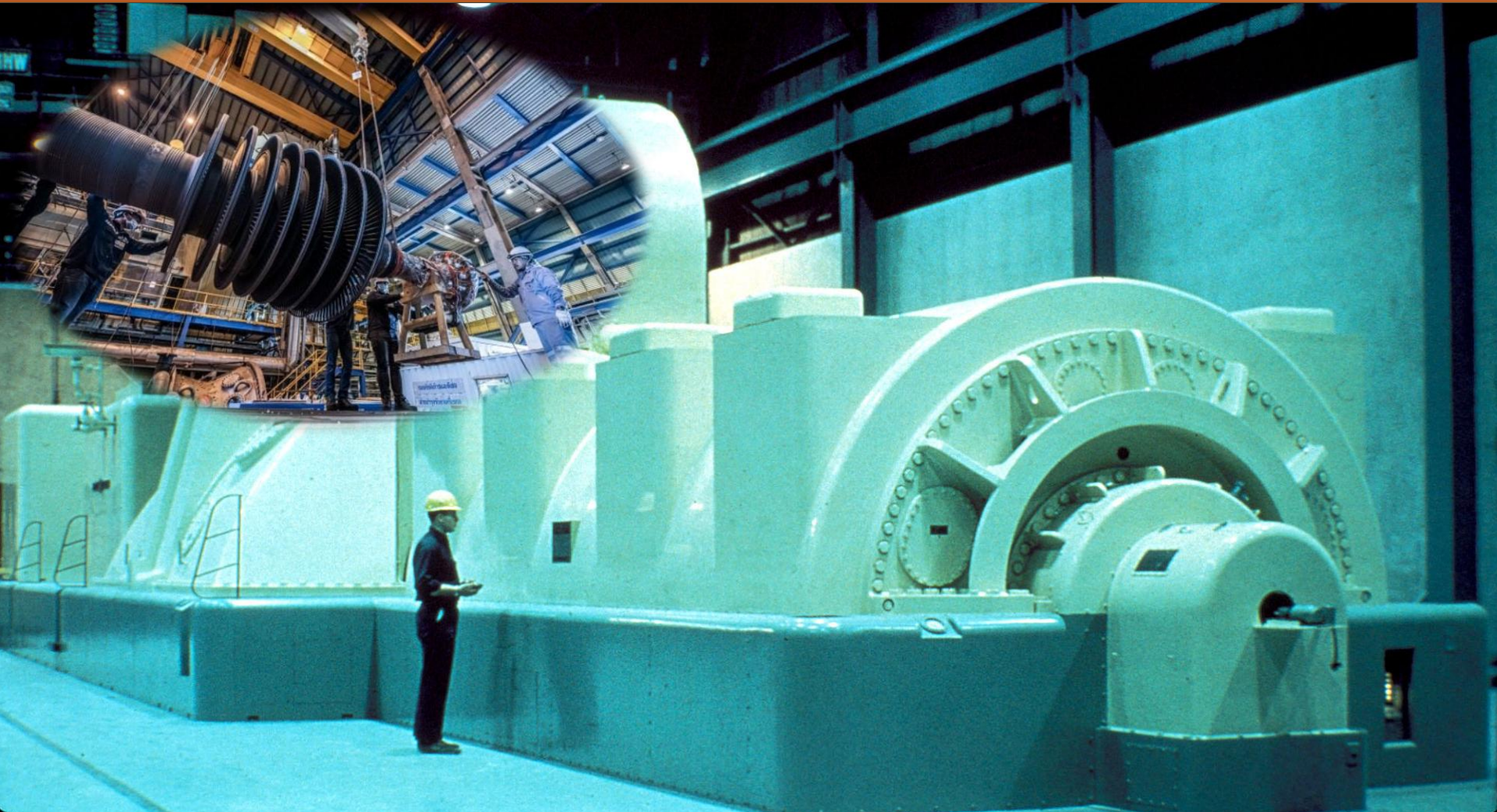
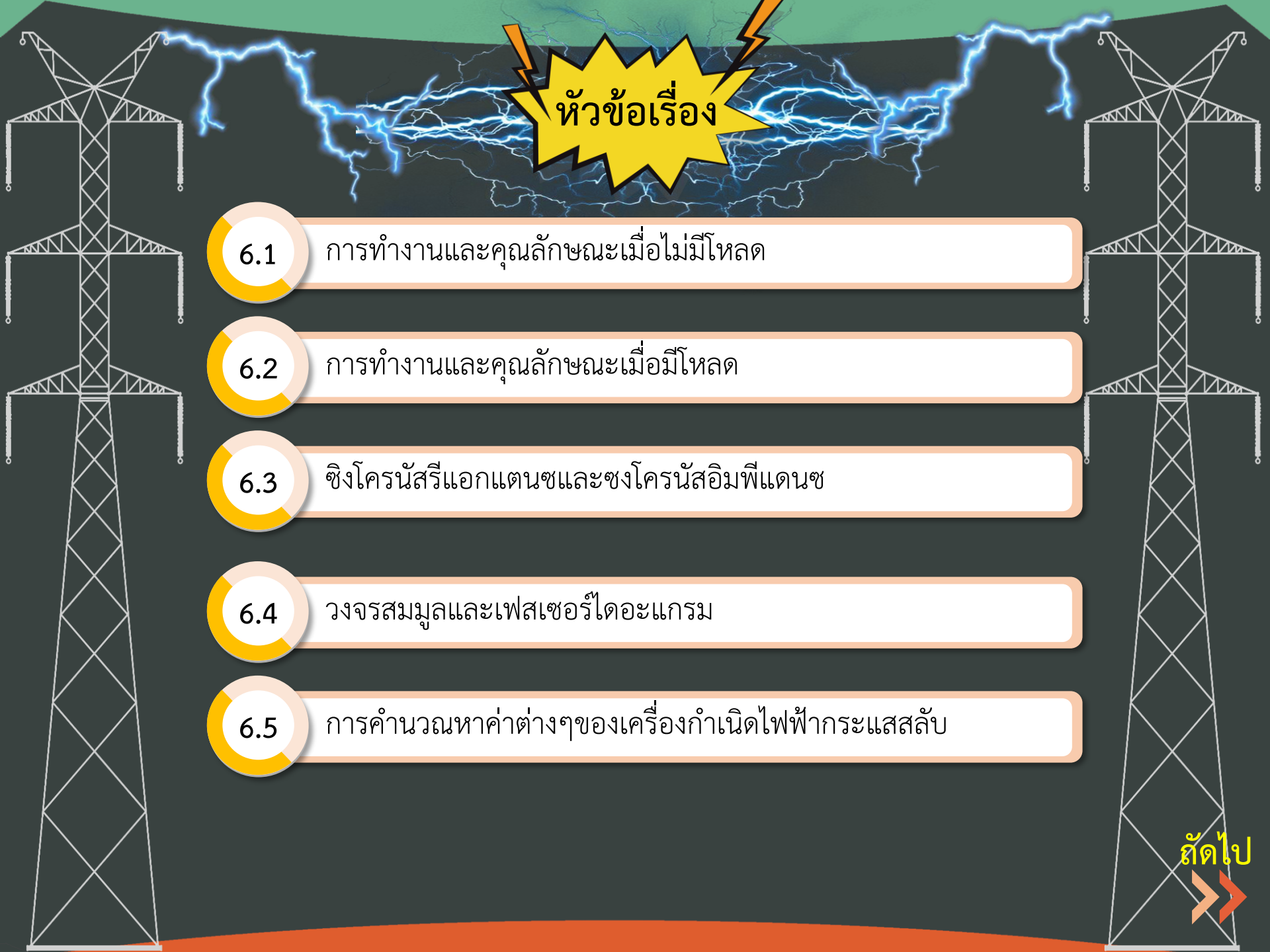


หน่วยที่ 6

คุณลักษณะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ





หัวข้อเรื่อง

6.1

การทำงานและคุณลักษณะเมื่อไม่มีโหลด

6.2

การทำงานและคุณลักษณะเมื่อมีโหลด

6.3

ซิงโครไนส์รีแอกแตนซ์และซิงโครไนส์อิมพีแดนซ์

6.4

วงจรสมมูลและเฟสเซอร์ไดอะแกรม

6.5

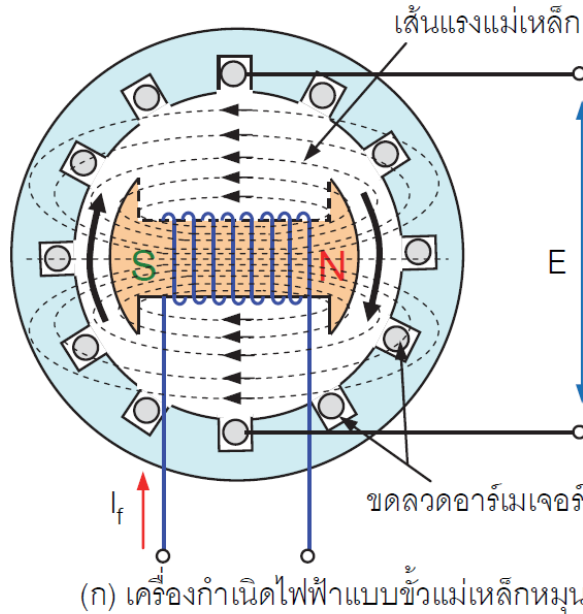
การคำนวณหาค่าต่างๆของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

ถัดไป

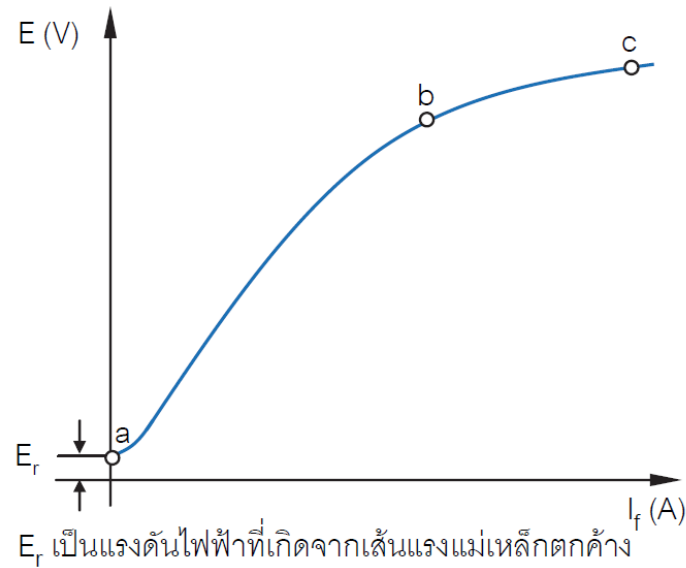


6.1

การทำงานและคุณลักษณะเมื่อไม่มีโหลด



(ก) เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบขั้วแม่เหล็กหมุน



(ข) คุณลักษณะเมื่อไม่มีโหลด

รูปที่ 6.1 การทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับและคุณลักษณะเมื่อไม่มีโหลด

จากรูปที่ 6.1 (ก) เป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส แบบขั้วแม่เหล็กหมุน โดยเส้นแรงแม่เหล็กที่แกนขั้วได้จากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงจากภายนอกมากระตุ้นที่ขดลวดสนามแม่เหล็ก เมื่อหมุนขั้วแม่เหล็กจะทำให้เส้นแรงแม่เหล็กไปตัดกับขดลวดอาร์เมเจอร์ที่วางอยู่กับที่ ทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ (E) ขึ้นที่อาร์เมเจอร์และจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับให้กับโหลดได้โดยตรง

จากสมการ

$$E = 4.44fTK_p K_d = K_e \Phi$$

โดย

$$K_e = 4.44fTK_p K_d = \text{ค่าคงที่ทางไฟฟ้า}$$

แต่

$$\Phi \propto I_f \quad (I_f = \text{กระแสไฟฟ้าที่ขดลวดสนามแม่เหล็ก})$$

ดังนั้น

$$\Phi = K_f I_f \quad (K_f = \text{ค่าคงที่ทางแม่เหล็ก})$$

แทนค่า

$$E = K_e K_f I_f$$

กำหนดให้ $K_1 = K_e K_f$ เป็นค่าคงที่ ซึ่งเป็นผลคูณของ K_e กับ K_f ดังนั้นจะได้

$$E = K_1 I_f$$

..... (6.1)

6.2 การทำงานและคุณลักษณะเมื่อมีโหลด

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับเมื่อไม่มีโหลด แรงดันไฟฟ้าที่ขั้วของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะเท่ากับ แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่อาร์เมเจอร์ เมื่อนำโหลดมาต่อเข้ากับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะมีกระแสไฟฟ้าที่ อาร์เมเจอร์ออกจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าไปยังโหลด และถ้ากระแสไฟฟ้าที่อาร์เมเจอร์เปลี่ยนแปลง เพิ่มขึ้นผล จะทำให้แรงดันไฟฟ้าที่ขั้วของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงลดลง อันเนื่องจาก 3 สาเหตุ คือ แรงดันไฟฟ้า ตกคร่อมจากขดลวดอาร์เมเจอร์ ($I_a R_a$) แรงดันไฟฟ้าลดลงเนื่องจากลี้คเกจรี แอกแตนซ์ ($I_a X_L$) แรงดันไฟฟ้าลดลงเนื่องจากอาร์เมเจอร์รีแอกแตนซ์ ($I_a X_a$)



ถัดไป >>

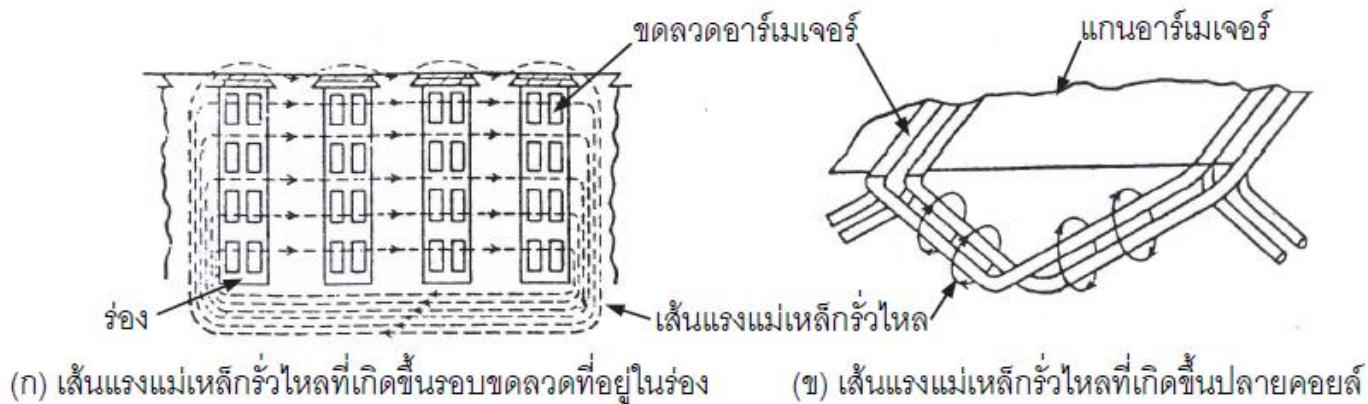
6.2.1 ความต้านทานของขดลวดอาร์เมเจอร์

ความต้านทานของขดลวดอาร์เมเจอร์ (R_a) เนื่องจากขด ลวดอาร์เมเจอร์ส่วนมากทำจากเส้นลวดทองแดง จึงทำให้มีค่าความต้านทาน ($R = \rho \frac{l}{A}$) โดยความต้านทานที่อาร์เมเจอร์นี้จะมีค่ามากหรือน้อยนั้นจะขึ้นอยู่กับความยาว (l) และพื้นที่หน้าตัด (A) ของลวดทองแดง ซึ่งค่าความต้านทานนี้จะมีความต้านทานทางไฟฟ้ากระแสตรง (R_{dc}) แต่เครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีกระแสไฟฟ้าสลับไหลผ่านขดลวดจะกำหนดให้เป็นความต้านทานทางไฟฟ้ากระแสสลับ (R_{ac}) โดยจะมีค่าความต้านทานมากกว่าทางไฟฟ้ากระแสตรงประมาณ 1.2–1.6 เท่าในทางปฏิบัติแล้วจะเลือกค่า 1.5 แล้วนำไปคูณกับความต้านทานทางไฟฟ้ากระแสตรง กำหนดให้ดังนั้นจะได้ $R_a = R_{ac} = 1.5 R_{dc}$ ซึ่งความต้านทานนี้จะเป็นส่วนประกอบอย่างหนึ่งที่ทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมจากขดลวดอาร์เมเจอร์



6.2.2 อาร์เมเจอร์ลึศเกจรีแอกแตนซ์

อาร์เมเจอร์ลึศเกจรีแอกแตนซ์ (X_L) เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดอาร์เมเจอร์จะทำให้เกิด เส้นแรงแม่เหล็กรอบ ๆ ขดลวดอาร์เมเจอร์โดยมีอากาศเป็นทางเดินของเส้นแรงแม่เหล็กเรียกว่า **เส้นแรงแม่เหล็กรั่วไหล** (Leakage flux)



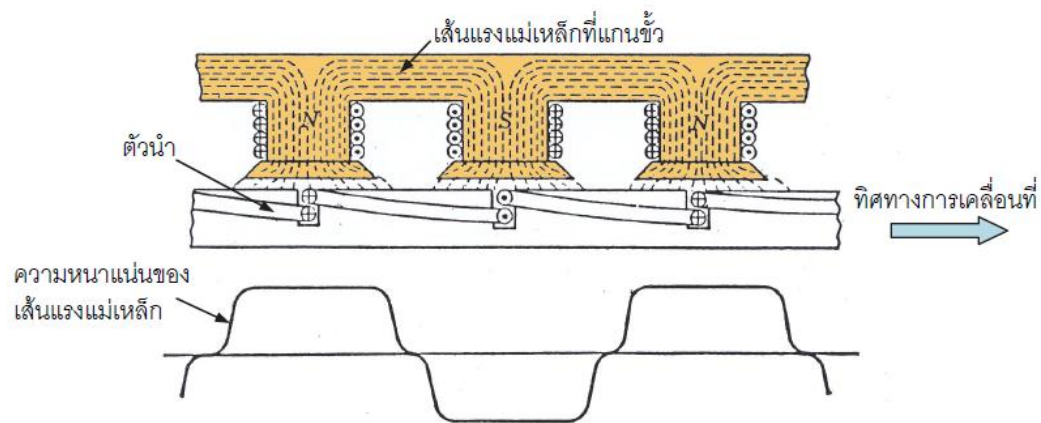
รูปที่ 6.2 การเกิดเส้นแรงแม่เหล็กรั่วไหล

6.2.3 อาร์เมเจอร์รีแอกชัน



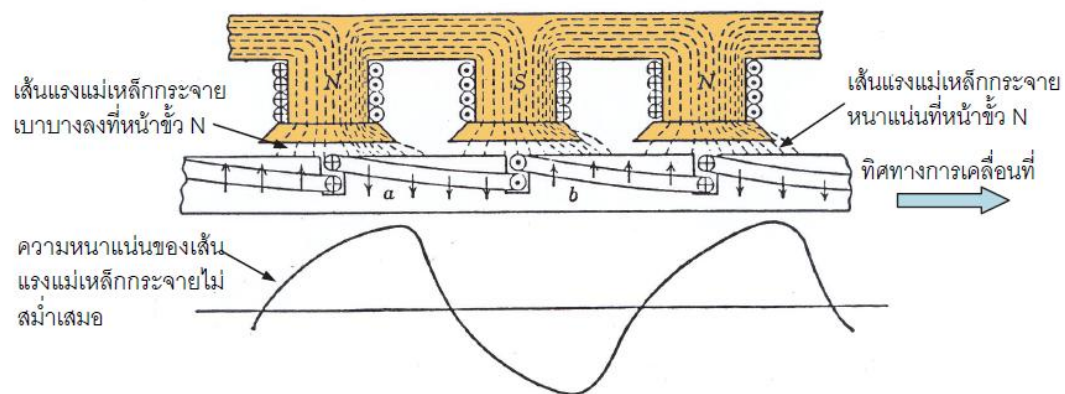
อาร์เมเจอร์รีแอกชัน (X_a) เมื่อเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีโหลดและมีกระแสไฟฟ้าที่อาร์เมเจอร์ จึงทำเส้นแรงแม่เหล็กจากขดลวดอาร์เมเจอร์ไปกระทำกับเส้นแรงแม่เหล็กที่แกนขั้วทำให้เส้นแรงแม่เหล็กที่แกนขั้วเกิดการเปลี่ยนแปลงและผิดเพี้ยน (Distortion) ไป ซึ่ง การเปลี่ยนแปลงของเส้นแรงแม่เหล็กนอกจากจะขึ้นค่ากระแสไฟฟ้าแล้ว ในเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับยังขึ้นอยู่กับค่าตัวประกอบกำลัง (Power factor) ที่โหลดด้วย ซึ่งมีอยู่ 3 ประเภท คือ

1. โหลดประเภทนี้จะทำให้กระแสไฟฟ้าเกิดขึ้นพร้อมกัน (IN-phase) กับแรงดันไฟฟ้า จากรูปที่ 6.3 เมื่อเครื่องกำเนิดไฟฟ้ายังไม่มีโหลด เมื่อขดลวดอาร์เมเจอร์ เคลื่อนที่ไปตัดกับเส้นแรงแม่เหล็กที่กึ่งกลางขั้ว N กับขั้ว S ก็จะทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ และจะเห็น ได้ดีกว่าความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็กที่แกนขั้ว N กับขั้ว S กระจายกันอย่างสม่ำเสมอและสมมาตรกัน



รูปที่ 6.3 ลักษณะของเส้นแรงแม่เหล็กที่แกนขั้วแม่เหล็ก N กับ S เมื่อไม่มีโหลด

เมื่อเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีโหลดจะทำให้มีกระแสไฟฟ้าที่อาร์เมเจอร์เกิดขึ้นพร้อมกันกับแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ และกระแสไฟฟ้านี้จะสร้างเส้นแรงแม่เหล็กขึ้นที่อาร์เมเจอร์และไปกระทำกับเส้นแรงแม่เหล็กที่แกนขั้ว N กับขั้ว S เป็นผลให้เส้นแรงแม่เหล็กที่แกนขั้วเกิดการบิดเบนไปดังรูปที่ 6.4



รูปที่ 6.4 ลักษณะของเส้นแรงแม่เหล็กที่แกนขั้วแม่เหล็ก N กับ S เมื่อมีโหลด

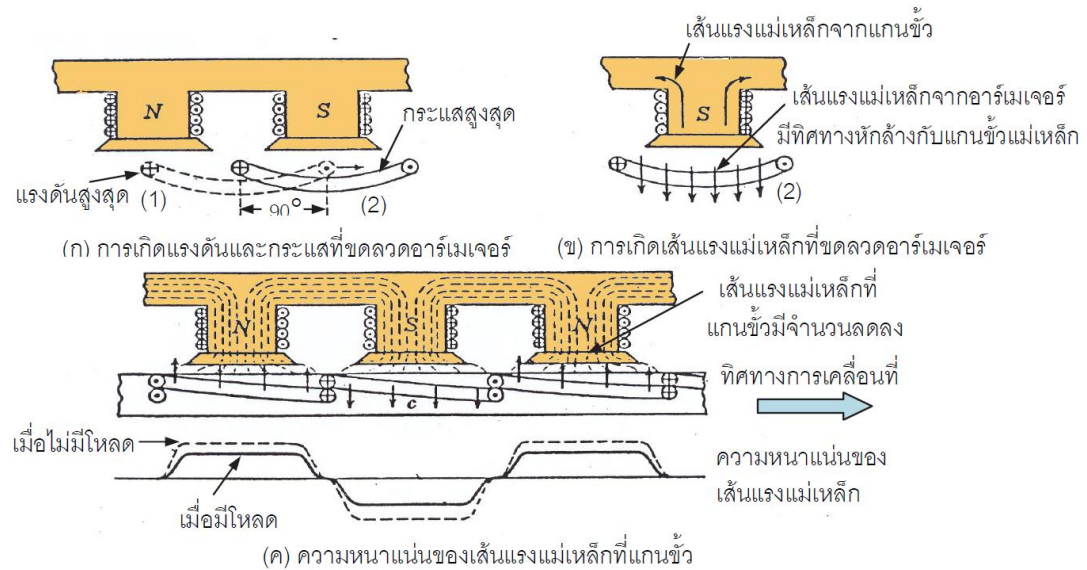
2. ตัวประกอบกำลัง ล้าหลัง

(pf.=lag)

โหลดประเภทนี้จะทำ
ให้กระแสไฟฟ้าที่
เกิดขึ้นล้าหลัง

(Lagging)

แรงดันไฟฟ้า สมมติให้
กระแสไฟฟ้าล้าหลัง
แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ
เป็นมุม 90°



รูปที่ 6.5 การเกิดอาร์เมเจอร์รีแอคชันที่ตัวประกอบกำลังล้าหลัง

จากรูปที่ 6.5 (ก) เมื่อขดลวดอาร์เมเจอร์กำลังเคลื่อนที่ไปตัดกับเส้นแรงแม่เหล็กที่กึ่งกลางขั้ว N กับขั้ว S ในตำแหน่งที่ (1) โดยที่ตำแหน่งนี้จะเกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำสูงสุดแต่จะยังไม่เกิดกระแสไฟฟ้า เมื่อขดลวดอาร์เมเจอร์เคลื่อนที่ต่อไปอีกจึงจะเริ่มมีกระแสไฟฟ้าเกิดขึ้นและมีค่าสูงสุดเมื่ออยู่ที่ตำแหน่งมุม 90° ซึ่งอยู่ภายใต้ขั้วแม่เหล็ก S ในตำแหน่งที่ (2) จากรูปที่ 6.5 (ข) ผลจากมีกระแสไฟฟ้าที่อาร์เมเจอร์จึงเกิดเส้นแรงแม่เหล็กที่อาร์เมเจอร์และมีค่าสูงสุดที่ตำแหน่งนี้ด้วย โดยทิศทางของเส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดจาก อาร์เมเจอร์มีทิศทางต่อต้านหรือหักล้างกันกับเส้นแรงแม่เหล็กจากขั้ว S ในทำนองเดียวกันขดลวด อาร์เมเจอร์ซึ่งอยู่ภายใต้ขั้ว N จากสาเหตุนี้จึงทำให้ความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็กทุกขั้วมีจำนวน ลดลง จากรูปที่ 6.5 (ค) จะเห็นว่าความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็กเมื่อมีโหลดมีค่าน้อยกว่าเมื่อไม่มีโหลดจึงเป็นผลทำให้แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำมีค่าลดลงด้วย

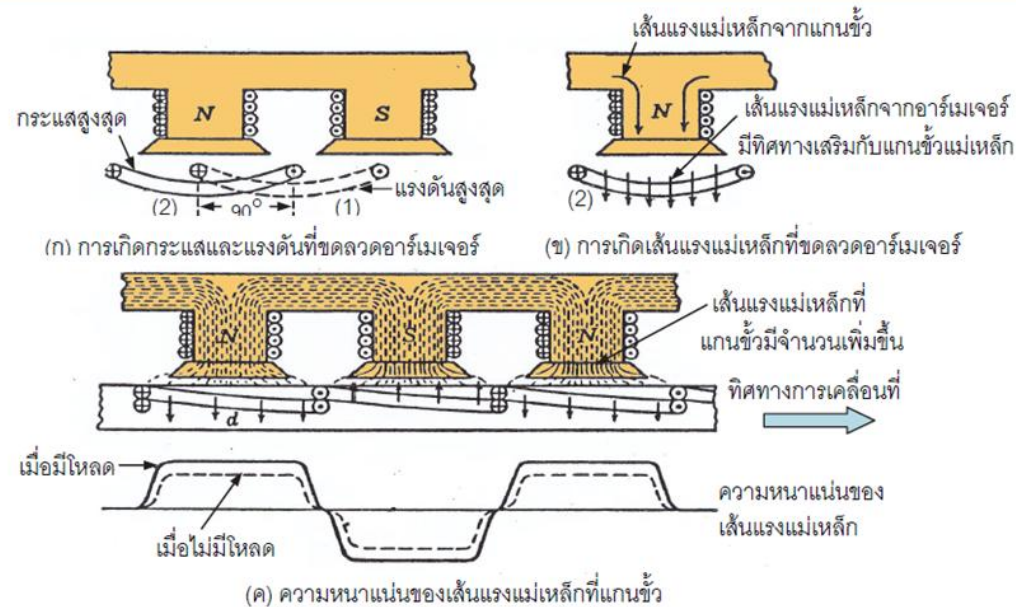
ถัดไป



3. ตัวประกอบกำลัง
นำหน้า (pf. = lead)
โหลดประเภทนี้จะทำ
ให้กระแสไฟฟ้าที่
เกิดขึ้นนำหน้า

(Leading)

แรงดันไฟฟ้า สมมติให้
กระแสไฟฟ้านำหน้า
แรงดันไฟฟ้าหนึ่งวินาที
เป็นมุม 90°



รูปที่ 6.6 การเกิดอาร์เมเจอร์รีแอคชันที่ตัวประกอบกำลังนำหน้า

จากรูปที่ 6.6 (ก) เมื่อขดลวดอาร์เมเจอร์กำลังเคลื่อนที่ไปตัดกับเส้นแรงแม่เหล็กที่อยู่ภายใต้ของขั้ว N ในตำแหน่งที่ (2) โดยที่ตำแหน่งนี้จะเกิดกระแสไฟฟ้าสูงสุดแต่ยังไม่เกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ เมื่อขดลวดอาร์เมเจอร์เคลื่อนที่ต่อไปอีกจึงจะเริ่มมีแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำเกิดขึ้นและมีค่าสูงสุดเมื่ออยู่ที่ตำแหน่งมุม 90° ซึ่งอยู่กึ่งกลางขั้ว N กับขั้ว S ในตำแหน่งที่ (1) จากรูปที่ 6.6 (ข) ผลจากมีกระแสไฟฟ้าที่อาร์เมเจอร์จึงเกิดเส้นแรงแม่เหล็กที่อาร์เมเจอร์และมีค่าสูงสุดที่อยู่ภายใต้ขั้ว N นี้ด้วย โดยทิศทางของเส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดจากอาร์เมเจอร์มีทิศทางเสริมกันกับเส้นแรงแม่เหล็กจากขั้ว N ในทำนองเดียวกันขดลวดอาร์เมเจอร์ซึ่งอยู่ภายใต้ขั้ว S จากสาเหตุนี้จึงทำให้ความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็กทุกขั้วเพิ่มขึ้น จากรูปที่ 6.6 (ค) จะเห็นว่าความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็กเมื่อมีโหลดมีค่ามากกว่าเมื่อไม่มีโหลด จึงทำให้แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับถ้าถูกขับให้ความเร็วรอบคงที่เท่ากับพิกัด ซึ่งแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำจะขึ้นอยู่กับกระแสไฟฟ้าที่ขดลวดสนามแม่เหล็กถ้าให้กระแสไฟฟ้านี้คงที่ จะทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นมามีค่าหนึ่ง เมื่อเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีโหลดและสมมติให้มีค่าตัวประกอบกำลังล้าหลังอยู่ค่าหนึ่ง ผลทำให้แรงดันไฟฟ้าที่ขั้วของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีค่าลดลงมี 3 สาเหตุหลัก คือ

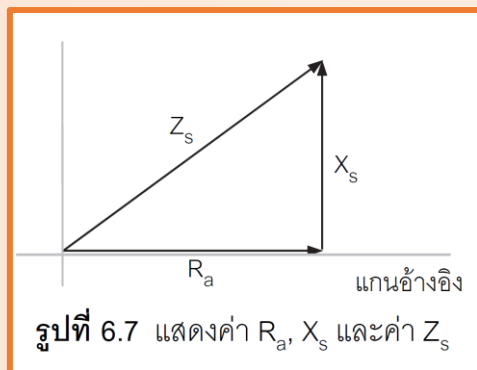
1. แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมเนื่องจากความต้านทานอาร์เมเจอร์ ($I_a R_a$)
2. แรงดันไฟฟ้าลดลงเนื่องจากลีสก์เกจรีแอกแตนซ์ ($I_a X_L$)
3. แรงดันไฟฟ้าลดลงเนื่องจากอาร์เมเจอร์รีแอกแตนซ์ ($I_a X_a$) แรงดันไฟฟ้าลดลงเนื่องจากอาร์

เมเจอร์รีแอกแตนซ์ เพื่อให้เข้าใจง่ายอาจจะสมมติให้เป็นค่าของ X_a ซึ่งเป็นค่ารีแอกแตนซ์ในขดลวดอาร์เมเจอร์อันเกิดจากอาร์เมเจอร์รีแอกแตนซ์ โดยค่าของ X_a จะมีค่าเปลี่ยนแปลงไปตามค่าตัวประกอบกำลังของโหลด ทั้งนี้เพราะว่าการเกิดอาร์เมเจอร์รีแอกแตนซ์ขึ้นอยู่กับตัวประกอบกำลังที่ได้กล่าวมาแล้ว

เนื่องจากค่าของ X_L และค่าของ X_a ต่างก็เป็นค่ารีแอกแตนซ์ที่เกิดจากขดลวดอาร์เมเจอร์ จึงสามารถนำมารวมกันได้ทางเลขคณิตเรียกว่า **ซิงโครนัสรีแอกแตนซ์** เขียนแทนด้วย X_s มีหน่วยเป็นโอห์ม ดังนั้น

$$X_s = X_L + X_a \quad \dots (6.2)$$

เนื่องจากขดลวดอาร์เมเจอร์จะมีค่าความต้านทาน R_a และค่าซิงโครนัสรีแอกแตนซ์ X_s โดยค่าของ R_a จะกำหนดให้อยู่ที่แกนอ้างอิง ส่วนค่าของ X_s จะตั้งฉากขึ้นไปเป็นมุม 90° ดังรูปที่ 6.7 ถ้านำทั้ง 2 ค่านี้รวมกันทางเวกเตอร์เรียกค่าที่ได้ใหม่นี้ว่า **ซิงโครนัสอิมพีแดนซ์** เขียนแทนด้วย Z_s มีหน่วยเป็นโอห์ม



จากรูปที่ 6.7 จะได้ว่า

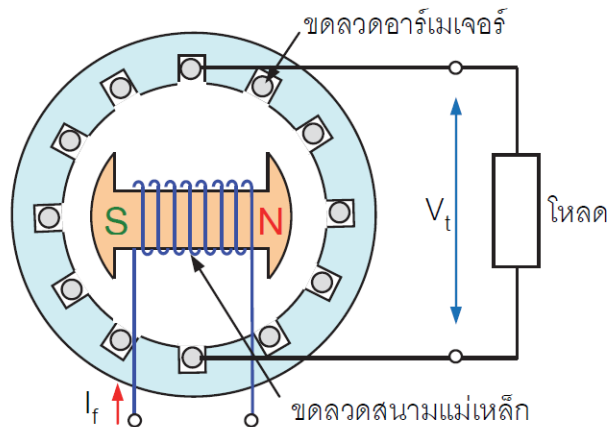
$$Z_s^2 = R_a^2 + X_s^2$$

$$Z_s = \sqrt{R_a^2 + X_s^2} \quad \dots (6.3)$$

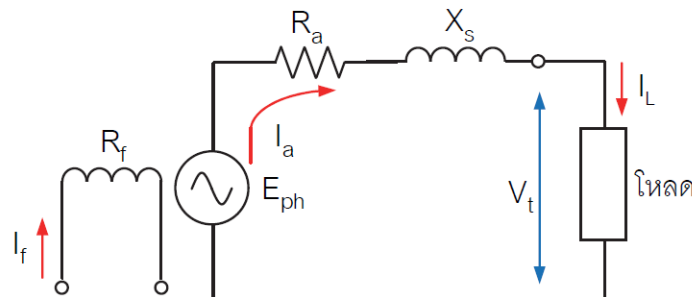
เมื่อ Z_s เป็นค่าซิงโครนัสอิมพีแดนซ์ของอาร์เมเจอร์ การนำหน้าคำว่า **ซิงโครนัส** มาใช้นำหน้าก็เพื่อต้องการแสดงให้ทราบว่า เป็นสภาวะเมื่อเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากำลังทำงานอยู่ที่ความเร็วซิงโครนัส

6.4 วงจรสมมูลและเฟสเซอร์ไดอะแกรม

6.4.1 วงจรสมมูลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ



(ก) ไดอะแกรมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 1 เฟส



(ข) วงจรสมมูลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าต่อเฟส

รูปที่ 6.8 ไดอะแกรมและวงจรสมมูลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

จากรูปที่ 6.8 (ก) เป็นไดอะแกรมการต่อของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 1 เฟส แบบขั้วแม่เหล็กหมุนโดยที่ขดลวดสนามแม่เหล็กพันด้วยลวดทองแดง ดังนั้นวงจรสมมูลจะแทนด้วยค่าความต้านทาน R_f และที่ขดลวดอาร์เมเจอร์เมื่อเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหมุนจะทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำต่อเฟส (E_{ph}) ขึ้นมา โดยที่ขดลวดอาร์เมเจอร์จะแทนด้วยค่า R_a และค่า X_s ที่ได้กล่าวมาแล้วโดยต่อกัน เมื่อต่อโหลดจะทำให้มีกระแส I_a ไหลออกจากอาร์เมเจอร์ไปยังโหลดคือกระแส I_L และมีค่าเท่ากัน ส่วนแรงดันไฟฟ้าที่โหลดคือ V_t ในเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟสนั้น เพื่อความสะดวกในการคำนวณจะแทนค่าต่าง ๆ เป็นค่าต่อเฟส ซึ่งวงจรสมมูลทางไฟฟ้าต่อเฟสแสดงดังรูปที่ 6.8 (ข)

ถัดไป

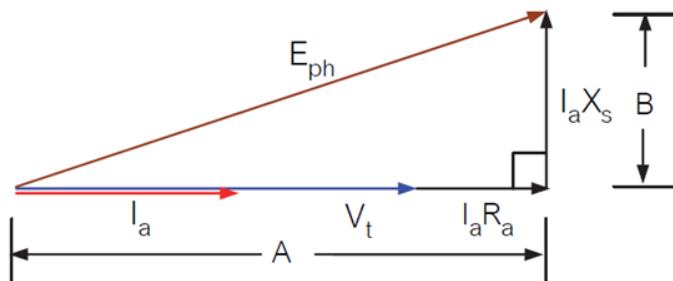


6.4.2 เฟสเซอร์ไดอะแกรม

ในการหาแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นในวงจรอาร์เมเจอร์ ค่าของแรงดันไฟฟ้าตกคร่อม จาก $I_a R_a$ แรงดันไฟฟาลดลงเนื่องจาก $I_a X_s$ และแรงดัน V_t ในวงจรจะต้องรวมกันทางเฟสเซอร์ ซึ่งจะต้องคำนึงถึงค่าตัวประกอบกำลังของโหลดที่ต่ออยู่ด้วย ดังนี้

โดย	E_{ph}	= แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่อาร์เมเจอร์ต่อเฟส หน่วยเป็น โวลต์ (V)
	V_t	= แรงดันไฟฟ้าที่ขั้วหรือที่โหลดต่อเฟส หน่วยเป็น โวลต์ (V)
	I_a	= กระแสไฟฟ้าที่อาร์เมเจอร์ต่อเฟส หน่วยเป็น แอมแปร์ (A)
	R_a	= ความต้านทานของขดลวดอาร์เมเจอร์ต่อเฟส หน่วยเป็น โอห์ม (Ω)
	X_s	= ซิงโครนัสรีแอกแตนซ์ของขดลวดต่อเฟส หน่วยเป็น โอห์ม (Ω)
	$\cos\theta$	= ตัวประกอบกำลัง
	θ	= มุมต่างเฟสระหว่างแรงดัน V_t กับกระแส I_a

1. เมื่อโหลดมีค่าตัวประกอบกำลังเท่ากับหนึ่ง ($\text{pf.} = 1$) โหลดประเภทนี้จะทำให้กระแส I_a ร่วมเฟสกับแรงดัน V_t โดยมีแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมจาก $I_a R_a$ ร่วมเฟสกับกระแสไฟฟ้า I_a และมีแรงดันไฟฟ้าลดลงเนื่องจาก $I_a X_s$ นำหน้ากระแส I_a เป็นมุม 90° ดังรูปที่ 6.9



จากรูปที่ 6.9 จะได้ว่า

$$A = V_t + I_a R_a$$

$$B = I_a X_s$$

รูปที่ 6.9 เฟสเซอร์ไดอะแกรมที่ตัวประกอบกำลังเท่ากับหนึ่ง

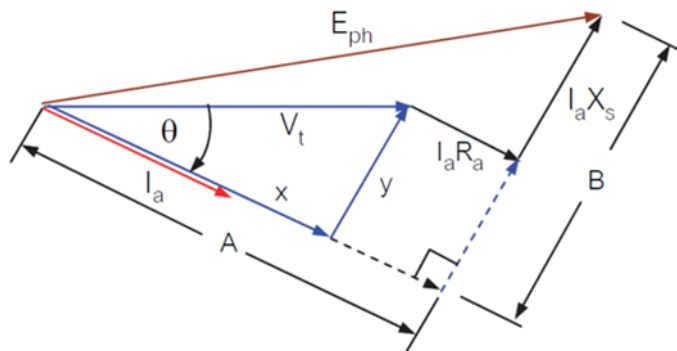
ที่สามเหลี่ยมมุมฉากรูปที่ 6.9 จะได้ว่า

$$E_{ph}^2 = A^2 + B^2$$

$$E_{ph}^2 = (V_t + I_a R_a)^2 + (I_a X_s)^2$$

$$E_{ph} = \sqrt{(V_t + I_a R_a)^2 + (I_a X_s)^2} \quad \dots (6.4)$$

2. เมื่อโหลดมีค่าตัวประกอบกำลังล่าช้า (pf. = lag) โหลดประเภทนี้จะทำให้กระแส I_a ล่าช้า แรงดัน V_t เป็นมุม θ มุมหนึ่ง โดยมีแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมจาก $I_a R_a$ รวมเฟสกับกระแสไฟฟ้า I_a และมีแรงดันไฟฟ้าลดลงเนื่องจาก $I_a X_s$ นำหน้ากระแส I_a เป็นมุม 90° ดังรูปที่ 6.10



รูปที่ 6.10 เฟสเซอร์ไดอะแกรมที่ตัวประกอบกำลังล่าช้า

จากรูปที่ 6.10 จะได้ว่า

$$x = V_t \cos \theta$$

$$y = V_t \sin \theta$$

$$A = x + I_a R_a = V_t \cos \theta + I_a R_a$$

$$B = y + I_a X_s = V_t \sin \theta + I_a X_s$$

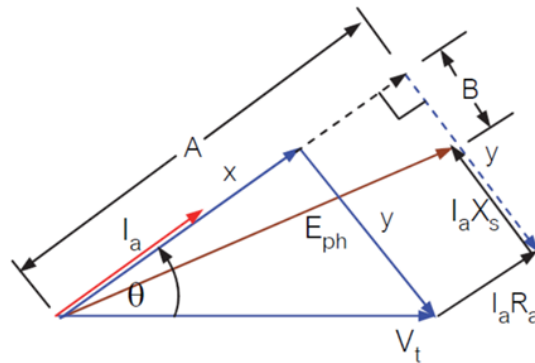
ที่สามเหลี่ยมมุมฉากรูปที่ 6.10 จะได้ว่า

$$E_{ph}^2 = A^2 + B^2$$

$$E_{ph}^2 = (V_t \cos \theta + I_a R_a)^2 + (V_t \sin \theta + I_a X_s)^2$$

$$E_{ph} = \sqrt{(V_t \cos \theta + I_a R_a)^2 + (V_t \sin \theta + I_a X_s)^2} \quad \dots (6.5)$$

3. เมื่อโหลดมีค่าตัวประกอบกำลังนำหน้า (pf. = lead) โหลดประเภทนี้จะทำให้กระแส I_a นำหน้าแรงดัน V_t เป็นมุม θ มุมหนึ่ง โดยมีแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมจาก $I_a R_a$ รวมเฟสกับกระแสไฟฟ้า I_a และมีแรงดันไฟฟ้าลดลงเนื่องจาก $I_a X_s$ นำหน้ากระแส I_a เป็นมุม 90° ดังรูปที่ 6.11



รูปที่ 6.11 เฟสเซอร์ไดอะแกรมที่ตัวประกอบกำลังนำหน้า

จากรูปที่ 6.11 จะได้ว่า

$$x = V_t \cos \theta$$

$$y = V_t \sin \theta$$

$$A = x + I_a R_a = V_t \cos \theta + I_a R_a$$

$$B = y - I_a X_s = V_t \sin \theta - I_a X_s$$

ที่สามเหลี่ยมมุมฉากรูปที่ 6.10 จะได้ว่า

$$E_{ph}^2 = A^2 + B^2$$

$$E_{ph}^2 = (V_t \cos \theta + I_a R_a)^2 + (V_t \sin \theta - I_a X_s)^2$$

$$E_{ph} = \sqrt{(V_t \cos \theta + I_a R_a)^2 + (V_t \sin \theta - I_a X_s)^2} \quad \dots (6.6)$$

5.2

การทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสลับ 3 เฟส

ตัวอย่างที่ 6.1 เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสลับ 1 เฟส มีกระแสไฟฟ้าที่อาร์เมเจอร์ 25 A แรงดันไฟฟ้าที่ขั้ว 220 V มีค่าความต้านทานจากขดลวดอาร์เมเจอร์ 0.6Ω และค่าซิงโครไนส์รีแอกแตนซ์ 1.4Ω จงคำนวณหาแรงดันไฟฟ้าที่เหนี่ยวนำ เมื่อเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีโหลดที่ค่า

- ก. ตัวประกอบกำลังเท่ากับหนึ่ง (pf. = 1)
- ข. ตัวประกอบกำลังเท่ากับ 0.866 ล้าหลัง (pf. = 0.866)
- ค. ตัวประกอบกำลังเท่ากับ 0.707 นำหน้า (pf. = 0.707)

วิธีทำ

โจทย์กำหนดให้

$$I_a = 25 \text{ A } V_t = 220 \text{ V } R_a = 0.6 \Omega X_s = 1.4 \Omega$$

ดังนั้น

$$I_a R_a = 25 \times 0.6 = 15 \text{ V}$$

$$X_s = 25 \times 1.4 = 35 \text{ V}$$

ก. ตัวประกอบกำลังเท่ากับหนึ่ง (pf. = 1)

$$E_{ph} = \sqrt{(V_t + I_a R_a)^2 + (I_a X_s)^2}$$

แทนค่า

$$\begin{aligned} E_{ph} &= \sqrt{(220 + 15)^2 + (35)^2} \\ &= \sqrt{55,225 + 1,225} \end{aligned}$$

$$E_{ph} = 237.59 \text{ V}$$

แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่ค่า pf. = 1 มีค่าเท่ากับ

237.59 V

ตอบ

ข. ตัวประกอบกำลังเท่ากับ 0.866 ล้าหลัง (pf. = 0.866)

$$\cos \theta = \text{pf.} = 0.866$$

$$\theta = \cos^{-1} 0.866 = 30^\circ$$

$$V_t \cos \theta = 220 \cos 30^\circ = 190.52 \text{ V}$$

$$V_t \sin \theta = 220 \sin 30^\circ = 110 \text{ V}$$

$$E_{ph} = \sqrt{(V_t \cos \theta + I_a R_a)^2 + (V_t \sin \theta + I_a X_s)^2}$$

แทนค่า

$$E_{ph} = \sqrt{(190.52)^2 + (110 + 35)^2}$$

$$= \sqrt{42,238 + 21,025}$$

$$E_{ph} = 251.52 \text{ V}$$

แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่ค่า pf. = 0.866 ล้าหลังมีค่าเท่ากับ 251.52 V

ตอบ

ค. ตัวประกอบกำลังเท่ากับ 0.707 นำหน้า (pf. = 0.707)

$$\cos \theta = \text{pf.} = 0.707$$

$$\theta = \cos^{-1} 0.707 = 45^\circ$$

$$V_t \cos \theta = 220 \cos 45^\circ = 155.54 \text{ V}$$

$$V_t \sin \theta = 220 \sin 45^\circ = 155.54 \text{ V}$$

$$E_{ph} = \sqrt{(V_t \cos \theta + I_a R_a)^2 + (V_t \sin \theta - I_a X_s)^2}$$

แทนค่า

$$E_{ph} = \sqrt{(190.52 + 15)^2 + (155.54 - 35)^2}$$

$$= \sqrt{29,083.89 + 14,529.89}$$

$$E_{ph} = 208.84 \text{ V}$$

แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่ค่า pf. = 0.707 นำหน้ามีค่าเท่ากับ 208.84 V

ตอบ

จบ

