หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

หลักการเบื้องต้นเกี่ยวกับคะแปซิเตอร์

2.1 บทนำ

เป็นที่ทราบกันดีอยู่แล้วว่าการปรับปรุงตัวประกอบกำลังของระบบไฟฟ้าให้มีค่าสูงขึ้น นั้นจะส่งผลให้ประสิทธิภาพของระบบไฟฟ้านั้น ๆ ดีขึ้น ตัวอย่างเช่น ทำให้ค่ากำลังสูญเสียในระบบไฟฟ้าลดลง ทำให้หม้อแปลงสามารถจ่ายโหลดได้มากขึ้น เป็นต้น สำหรับการปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังนั้นอาจจะทำได้โดยใช้ซิงโครนันมอเตอร์ หรืออาจจะใช้คะแปซิเตอร์ เป็นตัวจ่ายกระแสรีแอกตีฟเพื่อสร้างสนามแม่เหล็ก (Reactive Magnitizing Current) แทนที่จะจ่ายโดยระบบไฟฟ้าเอง ทำให้กระแสที่ระบบจะต้องจ่ายให้กับโหลดมีค่าลดลง แต่เนื่องจากการนำคะแปซิเตอร์มาต่อเข้ากับระบบไฟฟ้าสามารถทำได้ง่ายและสะดวกกว่าการนำเอาซิงโครนัสมอเตอร์มาใช้เป็นอย่างมาก ดังนั้นวัตถุประสงค์ของบทนี้จะเป็นการกล่าวเกี่ยวกับความรู้เบื้องต้นสำหรับคะแปซิเตอร์เพื่อที่จะทำให้สามารถนำความรู้จากบทนี้ไปใช้ในการทำความเข้าใจในบทต่อ ๆ ไปได้

2.2 ค่าเพอร์มิตติวิตี

คะแปซิเตอร์คืออุปกรณ์ไฟฟ้าชนิดหนึ่งซึ่งประกอบด้วยผิวโลหะสองแผ่นที่มีช่องว่าง เมื่อทำการป้อนแรงดันไฟฟ้าเข้าไประหว่างผิวโลหะทั้งสองนั้น จะทำให้เกิดพลังงานไฟฟ้าสถิตสะสมในช่องว่างขึ้น เราเรียกพื้นผิวโลหะทั้งสองนี้ว่า อิเล็กโทรด (Electrodes) สำหรับช่องว่างที่อยู่ระหว่างแผ่นอิเล็กโทรดนั้นเรียกว่า ไดอิเล็กตริก (Dielectric) วัสดุที่จะถูกใช้ทำเป็นไดอิเล็กตริกนั้นอาจจะเป็นอากาศหรือฉนวนชนิดอื่น ๆ ก็ได้ และวัสดุฉนวนนี้เมื่อใช้ในการสะสมพลังงานไฟฟ้าจะถูกเรียกว่า วัสดุไดอิเล็กตริก (Dielectric Material)

ค่าเพอร์มิตติวิตี (Permittivity) หรือค่าคงตัวไดอิเล็กตริก (Dielectric

Constant) จะเป็นค่าที่แสดงให้เห็นถึงความสามารถของวัสดุไดอิเล็กตริกในการที่จะสะสมพลังงานไฟฟ้าสถิต ค่านี้จะเป็นค่าอัตราส่วนของพลังงานที่สะสมในวัสดุไดอิเล็กตริก ต่อ พลังงานที่สะสมในอากาศ เมื่อส่วนประกอบอื่น ๆ เท่ากัน จากการคำนวณโดยใช้ทฤษฎีสนาม (Field Theory) จะสามารถหาค่าของเพอร์มิตติวิตีที่สูญญากาศ (Permittivity of Free Space) ซึ่งถูกเขียนแทนด้วย ε_0 และมีค่าประมาณ $8.854 * 10^{-12}$ ฟารัด/เมตร

ค่าเพอร์มิตติวิตีสัมพัทธ์ (Relative Permittivity) เขียนแทนได้ด้วยสัญญลักษณ์ ε_r ค่านี้จะเป็นค่าอัตราส่วนของพลังงานที่สะสมในวัสดุไดอิเล็กตริก ต่อ พลังงานที่สะสมในสูญญากาศ ดังนั้นคุณสมบัติของสารไดอิเล็กตริกสามารถแสดงได้ในรูปของเพอร์มิตติวิตีสมบูรณ์ (Absolute Permittivity) ซึ่งจะถูกเขียนแทนได้ด้วยสมการ

$$\varepsilon = \varepsilon_0 * \varepsilon_r \qquad (2.1)$$

2.3 ค่าความเครียดไดอิเล็กตริก

ค่าความคงทนไดอิเล็กตริก (Dielectric Strength) ค่าแรงดันค่าหนึ่ง เมื่อป้อนให้กับวัสดุฉนวนที่มีความหนาค่าหนึ่งแล้ว จะทำให้กระแสปริมาณมากสามารถไหลผ่านได้หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าเกิดการเบรกดาวน์ขึ้นที่ฉนวนนั้น ๆ สำหรับคำว่าความเครียดไดอิเล็กตริก (Dielectric Stress) หรือค่าความเข้มสนามไฟฟ้า (Dielectric Field Intensity) จะเป็นค่าอัตราส่วนระหว่าง แรงดันคร่อมไดอิเล็กตริก (V) ต่อ ความหนาของไดอิเล็กตริก (d) ซึ่งอาจจะเขียนแทนได้ด้วยสมการ

$$\text{Dielectric Stress} = \frac{V}{d} \qquad (2.2)$$

ในการออกแบบคะแปซิเตอร์นั้น ค่าความคงทนไดอิเล็กตริกจะมีความสำคัญมาก ในหน่วย SI ค่าความคงทนไดอิเล็กตริกจะมีหน่วยเป็น โวลต์/เมตร

2.4 ค่าความจุไฟฟ้า

เมื่อมีกระแสไฟฟ้าจำนวน I แอมแปร์ ไหลผ่านคะแปซิเตอร์เป็นเวลา t วินาที จะทำให้เกิดประจุไฟฟ้า (Charge) ซึ่งถูกเขียนแทนได้ด้วยสัญญลักษณ์ Q และมีหน่วยเป็นคูลอมป์ (Coulomb) ซึ่งสามารถเขียนแทนได้ด้วยสมการ

$$Q = It \qquad (2.3)$$

ความหนาแน่นฟลักซ์ไฟฟ้า (Electric Flux Density) เป็นค่าอัตราส่วนของประจุไฟฟ้า ต่อ พื้นที่ไดอิเล็กตริก ซึ่งอาจจะเขียนแทนได้ด้วยสมการ

$$D = \frac{Q}{A} \qquad (2.4)$$

ค่าความจุไฟฟ้าของคะแปซิเตอร์ (Capacitance) เป็นค่าที่จะแสดงให้เห็นว่าคะแปซิเตอร์ตัวนั้นสามารถสะสมพลังงานได้มากหรือน้อยเพียงใด และเป็นค่าของอัตราส่วนระหว่างประจุที่สะสมไว้ในคะแปซิเตอร์ ต่อ แรงดันคร่อมคะแปซิเตอร์ตัวนั้น หรืออาจจะเขียนเป็นสมการได้โดย

$$C = \frac{Q}{V} \qquad (2.5)$$

ในกรณีพิเศษซึ่งคะแปซิเตอร์เป็นแบบแผ่นอิเล็กโตรดขนาน (Parallel-Plate Capacitor) ค่าความจุไฟฟ้าของคะแปซิเตอร์สามารถหาได้จากสูตร

$$C = \varepsilon_o \varepsilon_r A/d = \varepsilon A/d \qquad (2.6)$$

การนำเอาคะแปซิเตอร์ไปใช้งานนั้นอาจจะต้องมีการต่อคะแปซิเตอร์เข้าด้วยกัน การต่อคะแปซิเตอร์นั้นมีอยู่ 3 แบบด้วยกัน คือ แบบอนุกรม แบบขนาน และแบบผสม ในการต่อคะแปซิเตอร์แบบอนุกรมจำนวน n ตัวนั้นค่าของความจุไฟฟ้ารวมของคะแปซิเตอร์จะสามารถหาได้จาก

$$1/C_T = 1/C_1 + 1/C_2 + \ldots + 1/C_n \qquad (2.7)$$

และสำหรับการนำเอาคะแปซิเตอร์มาต่อกันแบบขนานจำนวน n ตัวนั้น จะสามารถหาค่าความจุไฟฟ้าของคะแปซิเตอร์ได้จาก

$$C_T = C_1 + C_2 + \ldots + C_n \qquad (2.8)$$

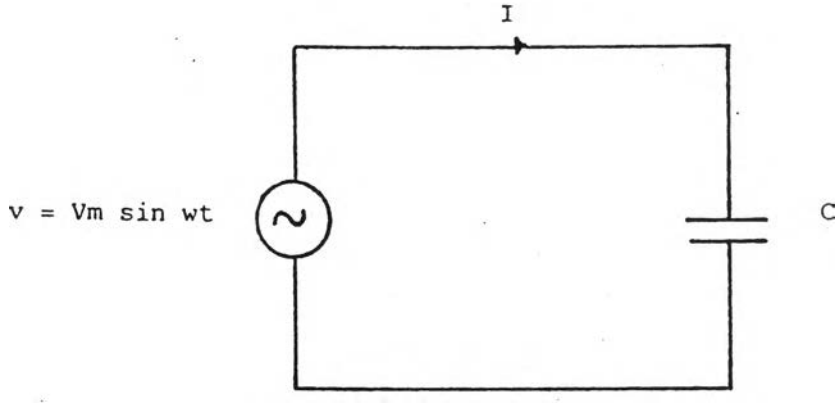
2.5 *คะแปซิเตอร์กับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ*

เมื่อป้อนแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับที่มีค่าแรงดันไฟฟ้าขณะใดขณะหนึ่งมีค่าเท่ากับ V และ มีค่าความถี่ f เข้ากับคะแปซิเตอร์ที่มีค่าความจุไฟฟ้า C จะได้ว่า

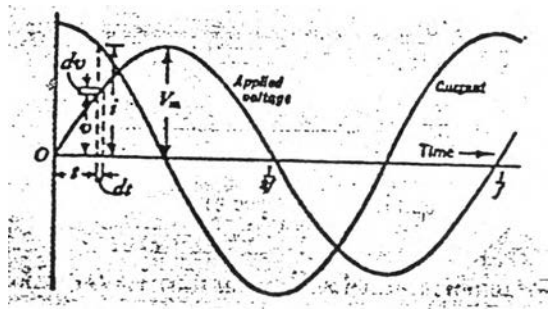
$$V = V_m \sin \omega t = V_m \sin 2\pi ft$$

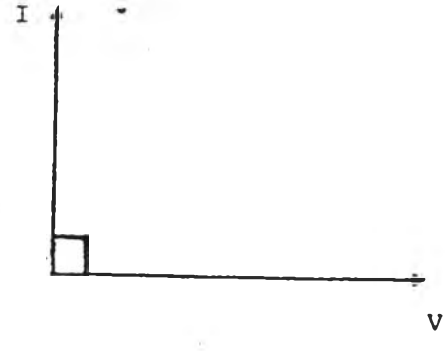
และค่าของกระแสขณะใด ๆ ที่จะผ่านเข้าสู่คะแปซิเตอร์จะมีค่าเป็น

$$i = C\, dV/dt = 2\pi fCV_m \sin (2\pi ft + \pi/2) \qquad (2.9)$$



รูปที่ 2-1 คะแปซิเตอร์ต่อเข้ากับระบบไฟฟ้ากระแสสลับ





รูปที่ 2-2 รูปเฟสเซอร์ระหว่างกระแสและแรงดันของคะแปซิเตอร์ที่ขณะใด ๆ

ทำให้เราสามารถเขียนรูปเฟสเซอร์ (Phasor Diagram) ได้ดังรูปที่ 2-2 ซึ่งจากรูปจะเห็นได้ว่ากระแสที่ไหลผ่านเข้าสู่คะแปซิเตอร์ขณะใด ๆ จะมีเฟสนำแรงดันคร่อมคะแปซิเตอร์อยู่ 90 องศา ถ้าให้ค่าของแรงดันและกระแสเป็นค่า r.m.s. จะสามารถหาค่าคะแปซิตีฟรีแอกแตนซ์ (Capacitive Reactance) ซึ่งสามารถเขียนแทนได้ด้วยสัญญลักษณ์ X_c โดยที่

$$X_c = V/I = 1/2\pi fc \qquad (2.10)$$

ค่ากำลังไฟฟ้ารีแอกตีฟของคะแปซิเตอร์ในหน่วย วาร์ (VAr) สามารถหาได้จาก

$$VAr = VI_c = I_c^2 X_c = V_c^2 / X_c = 2\pi fCV^2 \qquad (2.11)$$

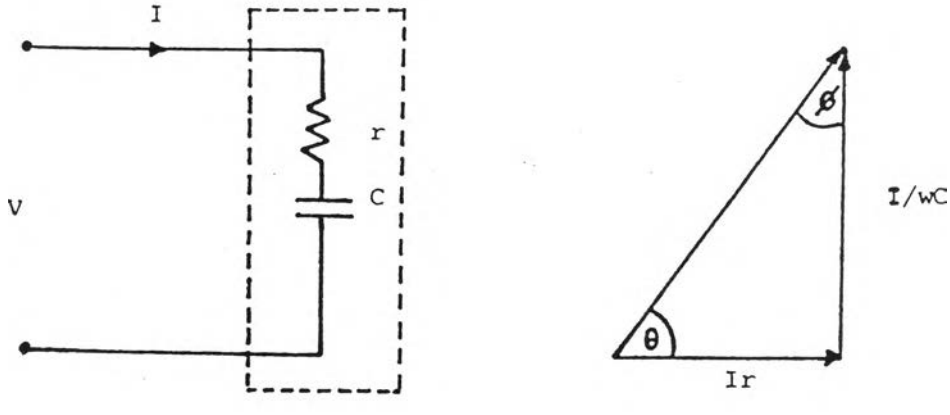
เนื่องจากค่าความจุไฟฟ้าเป็นค่าคงตัว ดังนั้นค่าของ VAr ที่แรงดันต่าง ๆ สามารถหาได้จาก

$$VAr(\text{ที่}V1) = (V1/V2)^2 * VAr(\text{ที่}V2) \qquad (2.12)$$

2.6 *ค่ากำลังสูญไดอิเล็กตริก*

สำหรับคะแปซิเตอร์ที่มีไดอิเล็กตริกเป็นสูญญากาศจะไม่มีกำลังสูญเกิดขึ้น หรือกล่าวอีกอย่างหนึ่งก็คือกระแสชะใด ๆ ของคะแปซิเตอร์จะมีเฟสนำแรงดันที่คร่อมคะแปซิเตอร์อยู่ 90 องศา แต่ถ้าใช้ฉนวนชนิดอื่น ๆ ที่ไม่ใช่สูญญากาศเป็นวัสดุไดอิเล็กตริกจะเกิดกำลังสูญขึ้นในคะแปซิเตอร์ ซึ่งกำลังสูญที่เกิดขึ้นนี้เราเรียกว่า กำลังสูญไดอิเล็กตริก (Dielectric Loss) สำหรับกรณีนี้มุมระหว่างกระแสและแรงดันจะมีค่าเล็กกว่า 90 องศา มุมนี้ถูกเรียกว่า มุมกำลังสูญ (Loss Angle) และเขียนแทนด้วยสัญญลักษณ์ ϕ และมุมกำลังสูญที่เกิดขึ้นในคะแปซิเตอร์นี้จะถูกแปรความหมายเสมือนกับว่ามีความต้านทานค่าต่ำ ๆ ตัวหนึ่งต่ออนุกรมอยู่กับตัวเก็บประจุตัวนั้น และมีหน่วยเป็น วัตต์/วาร์ จากรูปที่ 2-3 ค่าของมุมกำลังสูญจะหาได้จาก

$$TAN\ \phi = r2\pi fC \qquad (2.13)$$



รูปที่ 2-3 มุมกำลังสูญของคะแปซิเตอร์

2.7 ชนิดของคะแปซิเตอร์

คะแปซิเตอร์นั้นอาจจะถูกแบ่งออกตามชนิดได้เป็น

- Metallized Paper Capacitor คะแปซิเตอร์แบบนี้จะทำด้วยกระดาษซึ่งมีผิวโลหะ เคลือบอยู่ แล้วจะชุบด้วยน้ำมันแร่ (Oil Impregnated) โดยที่คะแปซิเตอร์ชนิดนี้จะ มีข้อดีคือ จะมีค่าความจุไฟฟ้าเกือบคงที่ตลอดอายุการใช้งาน ค่ากำลังสูญไดอิเล็กตริกมี ค่าเกือบคงที่ แต่ก็มีข้อเสียคือมีจุดติดไฟค่อนข้างต่ำ และมีกำลังสูญที่สูงมากประมาณ 2 - 2.5 W/kVAr ทำให้คะแปซิเตอร์แบบนี้ไม่ค่อยได้รับความนิยม

- Metallized Film Capacitor คะแปซิเตอร์ประเภทนี้จะใช้ Polypropylene Film เป็นสารไดอิเล็กตริก และคะแปซิเตอร์แบบนี้สามารถแบ่งย่อยออกเป็นอีก 2 ชนิดคือ แบบแห้ง (Dry Type) และแบบชุบด้วยของเหลว (Impregnated Type) คะแปซิเตอร์แบบนี้มีข้อดีคือ มีค่ากำลังสูญเสียน้อย และความหนาของคะแปซิเตอร์จะมีค่า ลดลงเมื่อเทียบกับแบบ Metallized Paper เนื่องจากค่าความเครียดไดอิเล็กตริก ของคะแปซิเตอร์แบบนี้มีค่าสูง แต่คะแปซิเตอร์ชนิดนี้มีข้อเสียคือการผลิต Metallized Film จะต้องได้รับการควบคุมอย่างระมัดระวังมาก สำหรับแบบแห้งนั้นผู้ผลิตจะใส่คะแปซิเตอร์ไว้ในกล่องปิดตาย หรือจะนำเอาขดของคะแปซิเตอร์ไปเทด้วย Resin ให้เต็มหมด เพื่อเป็นการป้องกันมิให้ความชื้นและฝุ่นละอองจากอากาศเข้าไปสัมผัสกับขดของคะแปซิเตอร์ได้ แต่สำหรับคะแปซิเตอร์แบบชุบด้วยของเหลว ผู้ผลิตจะนำขดของคะแปซิเตอร์ไปชุบด้วยของเหลวจำพวก Non-PCB เพื่อป้องกันความชื้นและฝุ่นละอองต่าง ๆ ซึ่ง จะทำให้คุณสมบัติทาง Dielectric Stress ของคะแปซิเตอร์ดีขึ้น และอายุการใช้ งานจะยาวนานขึ้น

- Metallized Paper & Film Capacitor คะแปซิเตอร์แบบนี้จะใช้กระดาษเป็น แบบ Metalized Paper รวมกับ Polypropylene Film ข้อดีของคะแปซิเตอร์ แบบนี้คือ มีค่ากำลังสูญต่ำ ค่า Dielectric Stress สูง มีอายุการใช้งานยาวนาน

2.8 กำลังไฟฟ้า

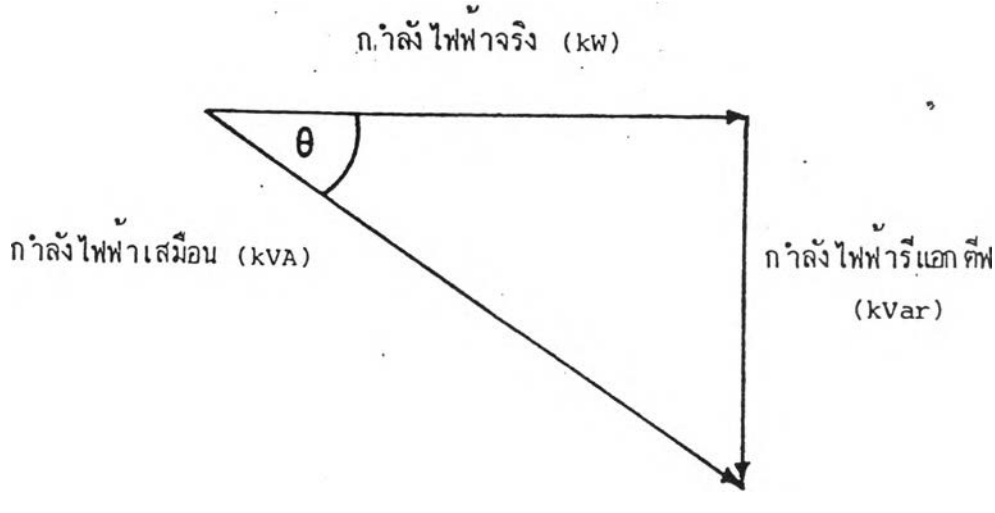
ในระบบไฟฟ้ากำลังที่ถูกใช้อยู่ปัจจุบันนี้ กำลังไฟฟ้ากระแสสลับที่แหล่งจ่ายไฟจ่ายให้แก่อุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ อาจจะถูกแบ่งได้เป็น 2 ชนิดด้วยกันคือ

- กำลังไฟฟ้าจริง (Real Power) เป็นกำลังไฟฟ้าที่ถูกใช้งานจริง มีหน่วยเป็นวัตต์ (W)

- กำลังไฟฟ้ารีแอกตีฟ (Reactive Power) เป็นกำลังไฟฟ้าที่ต้องการเพื่อนำมาใช้ในการสร้างสนามแม่เหล็ก มีหน่วยเป็นวาร์ (VAr)

เมื่อดูจากรูปเฟสเซอร์จะเห็นได้ว่า กำลังไฟฟ้าทั้งสองชนิดนี้สามารถรวมกันได้ ซึ่งจะทำให้เกิดกำลังไฟฟ้าเสมือน (Apparent Power) ขึ้น หน่วยที่ใช้สำหรับกำลังไฟฟ้าเสมือนคือโวลต์แอมแปร์ (VA) ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการได้โดย

$$kVA^2 = kW^2 + kVAr^2 \qquad (2.14)$$



รูปที่ 2-4 รูปเฟสเซอร์ของกำลังไฟฟ้าชนิดต่าง ๆ

2.9 ตัวประกอบกำลัง

ตัวประกอบกำลัง (Power Factor) ซึ่งสามารถเขียนย่อได้เป็น P.F. คืออัตราส่วนของกำลังไฟฟ้าจริง ต่อ กำลังไฟฟ้าเสมือน

P.F. = กำลังไฟฟ้าจริง / กำลังไฟฟ้าเสมือน

$$= \cos \theta \qquad (2.15)$$

ตัวประกอบกำลังสามารถแสดงในรูปของกำลังไฟฟ้า แรงดัน และกระแส ได้โดย

- ตัวประกอบกำลังของระบบไฟฟ้าเฟสเดียว

$$P.F. = \cos \theta = W/VI \qquad (2.16)$$

- ตัวประกอบกำลังของระบบไฟฟ้าสามเฟส

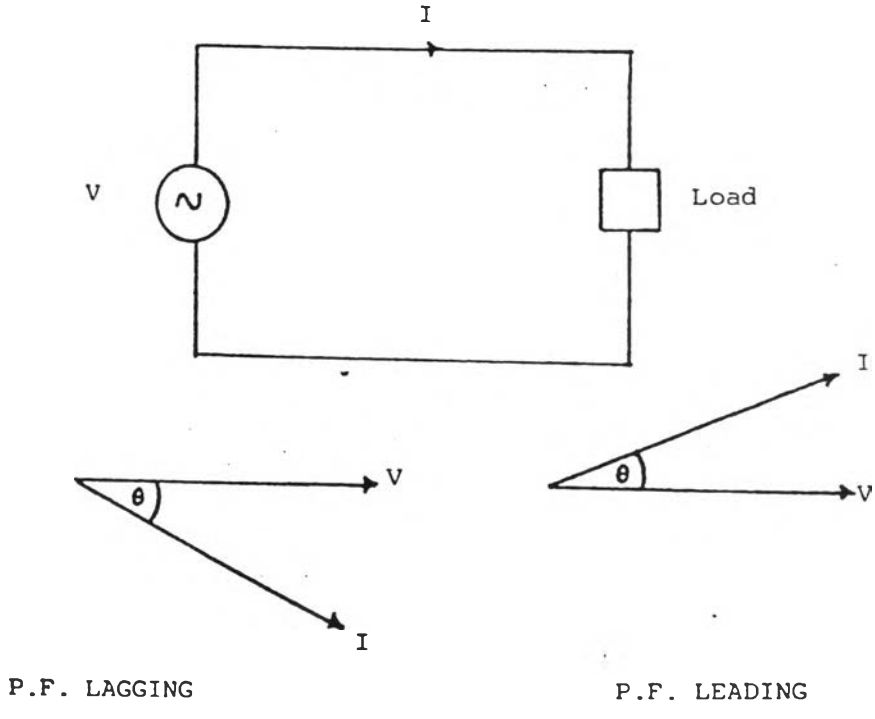
$$P.F. = \cos \theta = W/\sqrt{3}\, VI \qquad (2.17)$$

ตัวประกอบกำลังของระบบไฟฟ้าจะสามารถแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ แบบนำ (Leading) หรือ แบบตาม (Lagging) ขึ้นอยู่กับทิศทางการไหลของกำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้ารีแอกตีฟ

- ตัวประกอบกำลังแบบตาม เมื่อดูจากรูปเฟสเซอร์จะมีทิศทางของกระแสตามหลังแรงดัน และจะมีทิศทางของกำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้ารีแอกตีฟมีทิศทางเข้าสู่จุดอ้างอิงเดียวกัน

- ตัวประกอบกำลังแบบนำ เมื่อดูจากรูปเฟสเซอร์จะมีทิศทางของกระแสนำหน้าแรงดัน และจะมีทิศทางของกำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้ารีแอกตีฟมีทิศทางตรงกันข้ามเข้าสู่จุดอ้างอิงเดียวกัน

017840

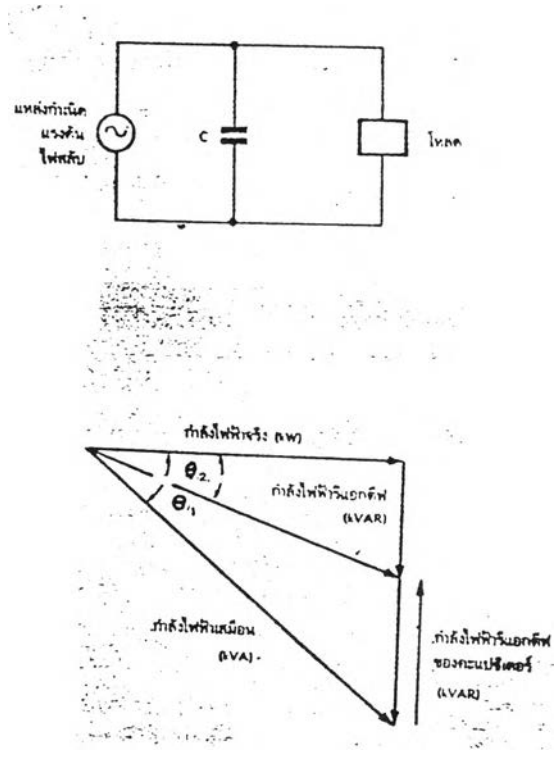


รูปที่ 2-5 ตัวประกอบกำลังแบบนำและแบบตาม

2.10 การปรับปรุงตัวประกอบกำลัง

อุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ ที่นำมาต่อเป็นโหลดเข้ากับระบบไฟฟ้านั้น ต้องการกำลังไฟฟ้าทั้งสองชนิดดังที่กล่าวข้างต้นมาแล้วคือ กำลังไฟฟ้าจริง และกำลังไฟฟ้ารีแอกตีฟ ในความเป็นจริงนั้นกำลังไฟฟ้าจริงจะต้องมาจากแหล่งจ่ายไฟแต่เพียงอย่างเดียว สำหรับกำลังไฟฟ้ารีแอกตีฟนั้นอาจจะมาจากแหล่งจ่ายไฟเอง หรือมาจากอุปกรณ์ไฟฟ้าบางชนิดที่สามารถเป็นตัวจ่ายกำลังไฟฟ้ารีแอกตีฟก็ได้เช่น การนำเอาคะแปซิเตอร์มาต่อขนานเข้ากับโหลดก็เป็นวิธีการที่สามารถจะทำได้วิธีหนึ่ง การนำเอาอุปกรณ์ที่สามารถจ่ายกำลังไฟฟ้ารีแอกตีฟมาต่อขนานกับโหลดนี้เป็นการช่วย

แบ่งเบาภาระการจ่ายกำลังไฟฟ้ารีแอกตีฟของแหล่งจ่ายไฟ ทำให้แหล่งจ่ายไฟจ่ายไฟฟ้ารีแอกตีฟน้อยลง หรืออาจจะไม่ต้องจ่ายเลยก็ได้ในบางกรณี วิธีการแบบนี้จะทำให้ค่าของกระแสไฟที่แหล่งจ่ายไฟจะต้องจ่ายมีค่าลดลง ในขณะเดียวกันค่าของตัวประกอบกำลังจะมีค่าเพิ่มขึ้น นั่นก็คือการนำเอาคะแปซิเตอร์มาต่อขนานเข้ากับโหลดจึงเป็นวิธีการในการปรับปรุงตัวประกอบกำลังวิธีการหนึ่ง



รูปที่ 2-6 การติดตั้งคะแปซิเตอร์เพื่อปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลัง

เมื่อโหลดของระบบไฟฟ้ามีค่าตัวประกอบกำลังต่ำ ดังนั้นจะมีการนำเอาคะแปซิเตอร์มาต่อขนานเพื่อปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังตามรูปที่ 2-6 นั้น จะมีวิธีการในการคำนวณหาขนาดของคะแปซิเตอร์ที่จะนำมาติดตั้งเพื่อที่จะทำให้ได้ค่าตัวประกอบกำลังที่ต้องการโดย ถ้าเดิมระบบไฟฟ้ามีค่าตัวประกอบกำลังเป็น $\cos \theta_1$ และต้องการปรับปรุงให้มีค่าตัวประกอบกำลังเป็น $\cos \theta_2$

$$\text{ขนาด kVAr ของคะแปซิเตอร์} = kW\ (\tan \theta_1 - \tan \theta_2) \qquad (2.18)$$

2.11 ประโยชน์ที่จะได้รับเมื่อทำการปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลัง

เมื่อทำการปรับปรุงตัวประกอบกำลังของระบบไฟฟ้าให้มีค่าสูงขึ้นแล้ว ประโยชน์ที่จะได้รับนั้นมีดังต่อไปนี้

1) ระบบไฟฟ้าสามารถรับโหลดได้เพิ่มขึ้น (Release of System Capacity) เมื่อทำการปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังให้มีค่าสูงขึ้นแล้ว จะทำให้กระแสของระบบมีค่าลดลง นั่นคือค่าโวลต์แอมแปร์ของระบบจะลดลง ทำให้ระบบสามารถจ่ายโหลดได้มากขึ้น ที่เป็นเช่นนี้ก็เพราะว่าอุปกรณ์ไฟฟ้าที่จะใช้เป็นโหลดเช่น เครื่องกำเนิดไฟฟ้า หม้อแปลง และสายไฟฟ้า เป็นต้น จะบอกค่าพิกัด (Rating) เป็นกระแสหรือเป็นโวลต์แอมแปร์ ในกรณีที่กำลังไฟฟ้าจริงของโหลดมีค่าคงที่ เมื่อทำการเพิ่มตัวประกอบกำลัง จะทำให้กำลังเสมือนของมีค่าลดลง อีกกรณีหนึ่งก็คือถ้ากำลังไฟฟ้าเสมือนของระบบคงที่ ระบบจะสามารถจ่ายกำลังไฟฟ้าจริงได้เพิ่มขึ้น

2) ปรับปรุงให้ระดับแรงดันในระบบดีขึ้น (Voltage Improvement) เป็นที่ทราบกันดีอยู่แล้วว่า ค่าแรงดันตกระหว่างสาย (Line to Line Voltage Drop) ของระบบไฟฟ้าสามเฟส สามารถหาได้จากสมการ

$$\Delta V = \sqrt{3}\, I\, (R \cos\theta + X \sin\theta) \qquad (2.19)$$

โดยที่ I = กระแสสาย

R = ความต้านทานทางเดียว

X = รีแอกแตนซ์ทางเดียว

θ = มุมของตัวประกอบกำลัง

จากที่เพิ่งกล่าวมาแล้วว่า การปรับปรุงตัวประกำลังให้มีค่าสูงขึ้นนั้นจะทำให้ระบบสามารถจ่ายโหลดได้เพิ่มขึ้น ซึ่งหมายความว่าในขณะที่ค่ากำลังไฟฟ้าจริงของระบบจะมีค่าคงที่ แต่ค่าของกำลังไฟฟ้ารีแอกตีฟของระบบจะลดลง และทำให้ค่ากำลังไฟฟ้าเสมือนที่เกิดจากการรวมตัวกันทางเฟสเซอร์ของกำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้ารีแอกตีฟมีค่าลดลง นั่นหมายความว่าค่าของกระแสสายจะมีค่าลดลง และขณะเดียวกันนั้นเองค่าของมุมของตัวประกอบกำลัง θ จะมีค่าลดลงด้วย เมื่อทำการปรับปรุงตัวประกอบกำลัง ซึ่งการลดลงของค่าทั้งสองนี้จะมีผลทำให้ค่าของ

แรงดันตกในสายไฟฟ้ามีค่าลดลง

3) ลดค่าแรงดันตกในหม้อแปลง เมื่อทำการปรับปรุงตัวประกอบกำลังของระบบไฟฟ้าให้มีค่าสูงขึ้น จะทำให้แรงดันที่ขั้วทุติยภูมิของหม้อแปลงมีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสาการต่อไปนี้

$$\% V \text{ (เพิ่มขึ้น)} = \frac{\text{ขนาดของคะแปซิเตอร์} * \% \text{ อิมพิแดนซ์ของหม้อแปลง}}{\text{ขนาดพิกัดของหม้อแปลง}} \quad (2.20)$$

4) ลดค่ากำลังสูญของระบบไฟฟ้า (Reduce Power System Loss) ค่าของกำลังสูญของระบบไฟฟ้าจะมีอัตราส่วนเป็นค่ากำลังสองของกระแส เมื่อทำการปรับปรุงตัวประกอบกำลังของระบบไฟฟ้าให้มีค่าสูงขึ้น จะทำให้กระแสของระบบลดลง ดังนั้นกำลังสูญจึงเป็นสัดส่วนกลับกับค่าตัวประกอบกำลังยกกำลังสอง ซึ่งสามารถแสดงออกมาเป็นสมการได้โดย

$$\% \text{ กำลังสูญ} = 100 \left(P.F._1/P.F._2 \right)^2 \quad (2.21)$$

$$\% \text{ กำลังสูญลดลง} = 100 \left(1 - (P.F.1/P.F.2)^2\right) \quad (2.22)$$

$$\text{กำลังสูญใหม่} = \text{กำลังสูญที่ P.F.1} \left(1 - (P.F.1/P.F.2)^2\right) \quad (2.23)$$

โดยที่ P.F.1 = ตัวประกอบกำลังก่อนทำการปรับปรุง

P.F.2 = ตัวประกอบกำลังหลังทำการปรับปรุง

5) ลดค่ากำลังสูญในสายไฟฟ้า ค่าของกำลังสูญในสายไฟฟ้าสามารถหาได้จากสมการดังต่อไปนี้

- ระบบไฟฟ้าเฟสเดียว กำลังสูญ = $2 I^2 R$ (2.24)

- ระบบไฟฟ้าสามเฟส กำลังสูญ = $3 I^2R$ (2.25)

โดยที่ I = กระแสที่ไหล

R = ความต้านทานทางเดียวของสายไฟฟ้า

การลดลงของค่ากำลังสูญของสายไฟเกิดขึ้นเนื่องจากการลดลงของกระแสเสมือนของกระแสที่ไหลในระบบเมื่อทำการปรับปรุงตัวประกอบกำลังให้มีค่าสูงขึ้น

6) ลดกำลังสูญในหม้อแปลง กำลังสูญเสียในหม้อแปลงจะประกอบด้วยสองส่วนคือ

- กำลังสูญขณะไม่มีโหลด (No Load Loss) หมายถึงกำลังไฟฟ้าที่สูญเสียในขณะที่หม้อแปลงยังไม่ได้จ่ายโหลด กำลังนี้เกิดขึ้นในแกนเหล็กเรียกว่ากำลังสูญในแกนเหล็ก (Iron Loss) ซึ่งประกอบด้วย Hysteresis Loss และ Eddy Current Loss

- กำลังสูญเนื่องจากโหลด (Load Loss) หมายถึงกำลังไฟฟ้าสูญเนื่องจากกระแสไหลผ่านขดลวดของหม้อแปลง กำลังสูญชนิดนี้เดิมเรียกว่า Copper Loss ค่าของกำลังสูญนี้จะแปรตามกำลังสองของกระแส

เมื่อทำการปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังให้สูงขึ้นแล้ว กระแสที่จะไหลผ่านหม้อแปลงจะมีค่าลดลง ทำให้กำลังสูญเสียเนื่องจากโหลดของหม้อแปลงมีค่าลดลงด้วย

โดยสรุปแล้วจะเห็นได้ว่าผู้จะได้รับประโยชน์จากการปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังจะได้แก่ ผู้ใช้ไฟฟ้าเอง และการไฟฟ้าทั้งสามแห่ง ในที่นี้จะขอสรุปถึงประโยชน์ที่จะได้รับของแต่ละรายโดยแยกเป็นราย ๆ ไป

- ผู้ใช้ไฟฟ้า

1) ลดการสูญเสียในระบบจ่ายไฟฟ้าใช้งาน

2) เพิ่มปริมาณการใช้กำลังไฟฟ้าในระบบเดิมให้สูงขึ้น

3) ช่วยในการปรับปรุงค่าของแรงดันไฟฟ้าให้สม่ำเสมอ

4) ประหยัดค่าใช้จ่ายส่วนค่าปรับ เมื่อปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังให้ได้มากกว่าหรือเท่า กับ 85% และได้รับส่วนลดค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้า เมื่อปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังให้สูงกว่า 85%

- การไฟฟ้าทั้งสามแห่ง

1) ลดการสูญเสียในระบบจ่ายไฟรวม

2) เพิ่มความสามารถการจ่ายกำลังไฟฟ้าในเครือข่ายสายส่งให้มีค่าสูงขึ้น

3) ทำให้ระบบแรงดันไฟฟ้าของระบบสายส่งดีขึ้น เนื่องจากผลของการปรับปรุงแรงดันให้มีค่าสม่ำเสมอ

4) การไฟฟ้าทั้งสามแห่งสามารถประหยัด หรือชลอการลงทุนในระบบจ่ายกำลังไฟฟ้าไปได้จำนวนมาก แต่สามารถเพิ่มการจำหน่ายกำลังงานไฟฟ้าที่จะถูกนำเอาไปใช้งานจริง