

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำหรับโหลดไม่เชิงเส้นและโหลดเชิงเส้น

Generator for Nonlinear load and Linear load

ถาวร อมตกิจต์

Thavorn Amatakit

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900

โทร 081-9147429, 02-5791111 ต่อ 2272

E-mail: thavorn_amatakit@hotmail.com

บทคัดย่อ

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่จะกล่าวถึง เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าที่เป็นโหลดชนิดไม่เชิงเส้นและชนิดเชิงเส้น ข้อพิจารณาหลักจึงเป็นการคำนวณเพื่อเลือกขนาดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามาใช้งานให้เหมาะสมกับโหลดไม่เชิงเส้นและโหลดเชิงเส้นดังกล่าว นอกจากนั้นจะต้องพิจารณารายละเอียดและวิธีการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้า อุปกรณ์ประกอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า การถ่ายโอนโหลด การทดสอบ และการต่อลงดินของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าอีกด้วย

Abstract

An electrical generator, as described in this article, is the electrical generating machine for electrical equipment, such as nonlinear load and linear load. The principle consideration is calculation for suitable size of the generator set with nonlinear load and linear load. The generator installation, accessories, load transference, generator testing and electrical grounding system for the generator in this article are specified.

1. บทนำ

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ใช้ในการจ่ายพลังงานให้กับโหลดไม่เชิงเส้นและโหลดเชิงเส้นนั้น จะต้องพิจารณาอย่างละเอียดเพื่อให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสามารถจ่ายพลังงานให้กับระบบไฟฟ้าที่แปรเปลี่ยนและไม่คงที่ให้งานได้ตลอดเวลา อีกทั้งในการเปิดหรือปิดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะต้องระวังไม่ให้เกิดแรงดันกระชากและแรงดันทรานเซียนต์ จึงต้องออกแบบให้เครื่อง

กำเนิดไฟฟ้าจ่ายแรงดันไฟฟ้าและความถี่ไฟฟ้าคงที่โดยให้ความเที่ยงตรงมากที่สุด ซึ่งจะต้องคำนึงถึงขนาดและโหลดเป็นเกณฑ์เริ่มต้นในการพิจารณา

โหลดไม่เชิงเส้นเป็นโหลดที่ก่อให้เกิดปัญหาค่อนข้างมากต่อระบบไฟฟ้า และทำให้เกิดฮาร์มอนิกขึ้นในระบบไฟฟ้าอีกด้วย นั่นคือการที่คลื่นไซน์ซอว์ที่สมบูรณ์ซึ่งเรียกว่า “คลื่นหลักมูล” (Fundamental wave) มีความถี่ไฟฟ้าเป็นจำนวนเท่าของความถี่หลักมูลจะเรียกว่ามี “ลำดับที่ของฮาร์มอนิก” (Harmonic order) เช่น คลื่นฮาร์มอนิกลำดับที่ 3 จะมีความถี่ไฟฟ้าเป็น 3 เท่าของความถี่ 50 เฮิร์ตซ์ นั่นคือมีความถี่เป็น 150 เฮิร์ตซ์

ระบบไฟฟ้าที่มีรูปคลื่นไฟฟ้าเป็นไซน์ซอว์เมื่อจ่ายให้โหลดไม่เชิงเส้น จะได้รูปคลื่นไฟฟ้าที่ไม่เป็นไซน์ซอว์ ซึ่งสามารถทำการวิเคราะห์ได้ด้วยวิธีฟูริเยร์

โหลดไม่เชิงเส้นและตัวต้นเหตุที่ทำให้เกิดฮาร์มอนิกดังกล่าวแยกได้เป็น 4 ประเภทตามชนิดของตัวต้นเหตุดังนี้

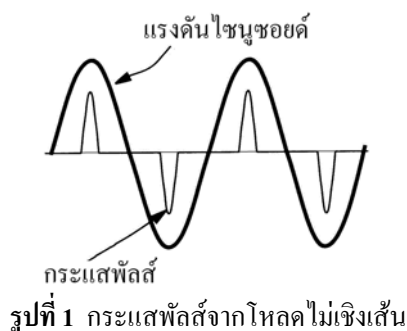
1. ฮาร์มอนิกที่เกิดจากโหลดไม่เชิงเส้น เช่น ชุดเรกติไฟเออร์ ชุดแปลงความถี่แบบสแตติก บัลลาสต์ อิเล็กทรอนิกส์ ชุดรีแอกเตอร์แบบอิ่มตัว เครื่องเชื่อมไฟฟ้าแบบอาร์ก เตาหลอมแบบอาร์ก เป็นต้น [1]

2. ฮาร์มอนิกที่เกิดจากแหล่งกำเนิดไฟฟ้าที่เฟสไม่สมดุล เช่น อุปกรณ์เชิงเส้นหนึ่งเฟส อุปกรณ์ไม่เชิงเส้นหนึ่งเฟส หม้อแปลงเคลตาแบบเปิด ระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่ไม่มีการสลักสาย เป็นต้น

3. ฮาร์มอนิกที่เกิดจากกระแสกระตุ้น (Exciting) เช่น กระแสกระตุ้นมากเกินไป เพอร์โรโรโซแนนซ์ เป็นต้น [2]

4.. ฮาร์มอนิกที่เกิดจากแหล่งกำเนิดอื่น เช่น เสริมจากสวิตชิง ฟิวส์ ฟอลต์ เป็นต้น

โหลดไม่เชิงเส้นเป็นตัวสร้างปัญหามากที่สุด เนื่องจากเป็นโหลดที่มีกระแสไฟฟ้าไม่เป็นคลื่นรูปไซน์ซอซด์ โดยปกติแล้วโหลดส่วนใหญ่ก็เป็นโหลดไม่เชิงเส้นเพียงแต่จะมากหรือน้อยเท่านั้น ซึ่งอุปกรณ์ที่เป็นสารกึ่งตัวนำและอุปกรณ์โซลิตสแตตก็เป็นโหลดไม่เชิงเส้นเช่นกัน เมื่อระบบไฟฟ้าถูกจ่ายให้กับโหลดไม่เชิงเส้น จะมีกระแสพัลส์เกิดขึ้นซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับแรงดันไซน์ซอซด์แล้วจะได้รูปคลื่นไฟฟ้าตามรูปที่ 1 นอกเหนือจากโหลดไม่เชิงเส้นทำให้รูปคลื่นไฟฟ้าผิดเพี้ยนแล้ว ยังส่งผลให้ตัวประกอบยอดคลื่น (Crest factor) สูงมากอีกด้วย [2]



2. การจัดประเภทโหลดจากการใช้งาน

จุดประสงค์หลักในการนำเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามาใช้ร่วมกับระบบไฟฟ้าทั่วไปคือ เพื่อให้ระบบไฟฟ้านั้นสามารถจ่ายพลังงานได้อย่างต่อเนื่องเป็นเวลานาน เนื่องจากไม่ต้องการให้ระบบไฟฟ้าเกิดการหยุดชะงักนานเกินไปจนเกิดความเสียหายต่อระบบเครือข่ายไฟฟ้าและการใช้ไฟฟ้า [3]

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสามารถจ่ายพลังงานไฟฟ้าได้เป็นเวลานานเท่าที่จะมีเชื้อเพลิง ซึ่งในการนำมาใช้งานกับโหลดนั้นได้จัดกลุ่มโหลดเป็น 3 กลุ่ม [4] ตามลำดับของการใช้งานดังนี้

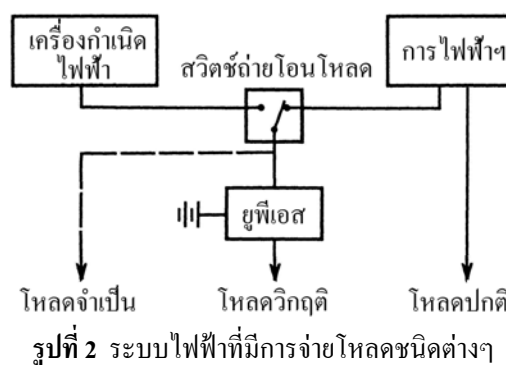
1. โหลดวิกฤต (Critical load) โหลดชนิดนี้เป็นโหลดที่มีความสำคัญมากซึ่งไม่ยินยอมให้การจ่ายไฟฟ้า

หยุดชะงักนานเกินครึ่งชั่วโมง (10 มิลลิวินาที) เช่น ระบบคอมพิวเตอร์ ระบบสื่อสาร เป็นต้น ดังนั้นโหลดชนิดนี้จึงจำเป็นต้องใช้ร่วมกับเครื่องยูทีเอส (Uninterruptible power supply) [3, 5] โดยให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าจ่ายไฟฟ้าเข้าเครื่องยูทีเอสก่อนแล้วจึงจ่ายต่อไปยังโหลดชนิดนี้

2. โหลดจำเป็น (Essential load) โหลดชนิดนี้เป็นโหลดที่เกี่ยวกับความปลอดภัยซึ่งยินยอมให้การจ่ายไฟฟ้าหยุดชะงักได้บ้างแต่ไม่เกิน 30 วินาที เช่น ระบบส่องสว่างฉุกเฉิน ระบบทำความเย็นแบบพิเศษ ระบบป้องกันเพลิงระบบรักษาความปลอดภัย เป็นต้น

3. โหลดปกติ (Normal load) โหลดชนิดนี้เป็นโหลดที่ยินยอมให้การจ่ายไฟฟ้าหยุดชะงักได้นาน เช่น ระบบไฟฟ้าแสงสว่างทั่วไป ระบบปรับอากาศทั่วไป เป็นต้น

ระบบไฟฟ้าที่มีการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าไว้ด้วยนั้น จะต้องติดตั้งอุปกรณ์สำหรับถ่ายโอนโหลดเพื่อต่อกับไฟฟ้าฉุกเฉินได้ตามรูปที่ 2 [4] อุปกรณ์ถ่ายโอนโหลดดังกล่าวมี 2 ชนิดคือ “สวิตช์ถ่ายโอนโหลดอัตโนมัติ” (Automatic transfer switch - ATS) และ “สวิตช์ถ่ายโอนโหลดด้วยมือ” (Manual transfer switch - MTS) [6] โดยส่วนใหญ่จะนิยมใช้แบบอัตโนมัติ ซึ่งมีการถ่ายโอนโหลดอัตโนมัติในช่วงเวลาที่ไฟฟ้าหยุดชะงักหรือขาดหายไปไม่นานนักคือ ประมาณ 5 วินาทีถึง 5 นาทีโดยขึ้นกับการปรับตั้งเวลาของผู้ใช้งาน



3. การเลือกขนาดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

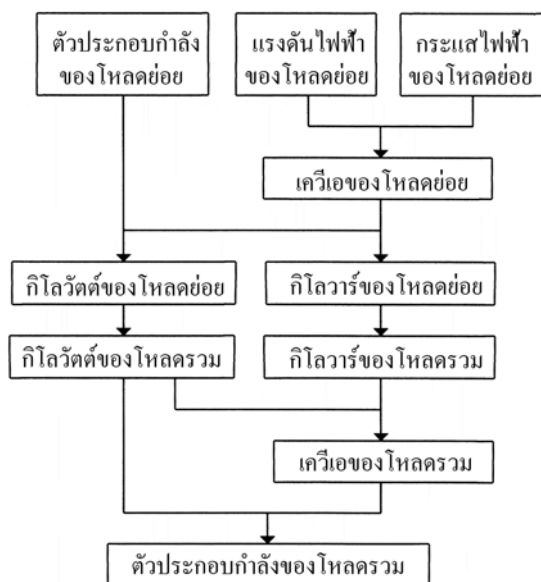
การเลือกขนาดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าให้เหมาะสมกับการใช้งานจะต้องพิจารณาลักษณะโหลดและวิธีคำนวณเพื่อให้ได้ขนาด

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่เหมาะสมกับโหลดทั้งชนิดไม่เชิงเส้นและเชิงเส้น จึงจะเกิดประโยชน์และเกิดความมั่นคงต่อระบบไฟฟ้า อีกทั้งจะต้องพิจารณาช่วงที่โหลดเริ่มต้นทำงานด้วย และจะต้องมีการเพิ่มขนาดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าให้มากขึ้นเมื่อใช้กับโหลดไม่เชิงเส้น [7]

ขั้นตอนในการเตรียมคำนวณขนาดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้านั้น ต้องทำเป็นลำดับต่างๆ คือ ขั้นตอนแรกเป็นการเตรียมรายละเอียดของโหลด (Load schedule) ขั้นตอนต่อไปเป็นการพิจารณาแยกโหลดที่หยุดชะงักไม่ได้ แยกโหลดที่หยุดชะงักได้เล็กน้อย แยกโหลดที่หยุดชะงักได้นาน หลังจากนั้นก็คำนวณขนาดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่จ่ายไฟฟ้าฉุกเฉินให้กับโหลดที่ต้องการ

3.1 พื้นฐานการคำนวณ

ก่อนพิจารณากำลังไฟฟ้าสำหรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะต้องคำนวณขนาดและตัวประกอบกำลังของโหลดก่อน ซึ่งโดยพื้นฐานจะพิจารณาจากเควีเอรวมของโหลดทั้งหมด โดยใช้แนวทางการคำนวณตามรูปที่ 3



รูปที่ 3 แนวทางการคำนวณกำลังของโหลดรวม

วิธีการคำนวณและตัวอย่างคือ หน่วยงานหนึ่งมีเครื่องคอมพิวเตอรืใช้ไฟฟ้าชนิด 3 เฟส 380 โวลต์มีตัว

ประกอบกำลังล้าหลัง 0.8 กระแสไฟฟ้าเฟสละ 30 แอมป์ จำนวน 1 เครื่อง และมีเครื่องควบคุมการผลิตเป็นชนิด 1 เฟส 220 โวลต์ จำนวน 2 เครื่องซึ่งใช้กำลังไฟฟ้าเครื่องละ 2 เควีเอ โดยมีตัวประกอบกำลังนำหน้า 0.9 จะคำนวณหาขนาดของเควีเอรวมและตัวประกอบกำลังรวม [8] ได้ดังนี้

1. คำนวณค่าเควีเอของโหลดย่อย

$$kVA\ 3\text{เฟส} = \sqrt{3} \times \frac{V_{\text{line}} \times I_{\text{line}}}{1,000} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \text{เควีเอของคอมพิวเตอรื} &= \sqrt{3} \times \frac{380\text{ V} \times 30\text{ A}}{1,000} \\ &= 19.75\text{ เควีเอ} \end{aligned}$$

$$\text{เควีเอของเครื่องควบคุม} = 2.00\text{ เควีเอต่อเครื่อง}$$

2. คำนวณค่ากิโลวัตต์ของโหลดย่อย

$$kW = kVA \times Pf \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \text{กิโลวัตต์ของคอมพิวเตอรื} &= 19.75\text{ เควีเอ} \times 0.8 \\ &= 15.80\text{ กิโลวัตต์} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{กิโลวัตต์ของเครื่องควบคุม} &= 2.00\text{ เควีเอ} \times 0.9 \\ &= 1.80\text{ กิโลวัตต์ต่อเครื่อง} \end{aligned}$$

3. คำนวณค่ากิโลวัตต์ของโหลดรวม

$$kW\text{ รวม} = \text{ผลรวมของ} kW\text{ ย่อย} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \text{กิโลวัตต์รวมของโหลด} &= 15.80 + 2(1.80)\text{ กิโลวัตต์} \\ &= 19.40\text{ กิโลวัตต์} \end{aligned}$$

4. คำนวณค่ากิโลวัตต์ของโหลดย่อย

$$kVAR = kVA \sqrt{1 - (Pf)^2} \quad (4)$$

$$\begin{aligned}\text{กิโลวาร์ของคอมพิวเตอรื} &= 19.75 \text{ เควีเอ } \sqrt{1-(0.8)^2} \\ &= 11.85 \text{ กิโลวาร์ (สำหรับ)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{กิโลวาร์ของเครื่องควบคุม} &= 2.00 \text{ เควีเอ } \sqrt{1-(0.9)^2} \\ &= 0.87 \text{ กิโลวาร์ (น้ำหนัก) ต่อเครื่อง}\end{aligned}$$

5. จำนวนค่ากิโลวาร์ของโหลดรวม

$$\text{kVAR รวม} = \text{ผลรวมของkVAR ย่อย} \quad (5)$$

ทั้งนี้โหลดที่เป็นอินดักทีฟ (ตัวประกอบกำลังล้าหลัง) มีเครื่องหมายของกิโลวาร์เป็นลบ ส่วนโหลดที่เป็นคาปาซิทีฟ (ตัวประกอบกำลังนำหน้า) มีเครื่องหมายของกิโลวาร์เป็นบวก

$$\begin{aligned}\text{กิโลวาร์รวมของโหลด} &= (11.85) + 2(-0.87) \text{ กิโลวาร์} \\ &= 10.11 \text{ กิโลวาร์}\end{aligned}$$

6. จำนวนค่าเควีเอของโหลดรวม

$$\text{kVA} = \sqrt{(\text{kW})^2 + (\text{kVAR})^2} \quad (6)$$

$$\begin{aligned}\text{เควีเอของโหลดรวม} &= \sqrt{(17.40 \text{ kW})^2 + (10.11 \text{ kVAR})^2} \\ &= 20.13 \text{ เควีเอ}\end{aligned}$$

7. จำนวนค่าตัวประกอบกำลังของโหลดรวม

$$\text{Pf} = \frac{\text{kW}}{\text{kVA}} \quad (7)$$

$$\begin{aligned}\text{Pf ของโหลดรวม} &= \frac{17.40 \text{ kW}}{20.13 \text{ kVA}} \\ &= 0.86 \text{ (สำหรับ)}\end{aligned}$$

3.2 การคำนวณขนาดของโหลดเป็นวัตต์

กรณีที่ไม่มีทราบข้อมูลโดยละเอียดของโหลด ให้คำนวณขนาดของโหลดเป็นวัตต์อย่างง่ายดังนี้

1. โหลดที่เป็นไฟฟ้าแสงสว่าง ให้คำนวณเป็นวัตต์รวมได้จาก วัตต์ของหลอดไฟรวมกับวัตต์ของบัลลาสต์ ซึ่งหากหลอดไฟเป็นชนิดปล่อยประจุความเข้มสูงให้คิดวัตต์เพียง 75% ของหลอดไฟ

2. โหลดที่เป็นมอเตอร์ ให้คำนวณเป็นวัตต์รวมได้จาก วัตต์ที่ระบุมาของมอเตอร์ ซึ่งหากระบุเป็นแรงม้าให้คิดเป็นวัตต์ได้จาก แรงม้าด้านออก คูณกับ 746 แล้วหารด้วยประสิทธิภาพของมอเตอร์ ซึ่งประสิทธิภาพโดยประมาณของมอเตอร์ขนาดไม่เกิน 1 แรงม้ามีค่า 70% ขนาดเกิน 1 แรงม้าไปถึง 10 แรงม้ามีค่า 85% ขนาดเกิน 10 แรงม้าไปถึง 100 แรงม้ามีค่า 90%

3. โหลดที่เป็นเครื่องแปลงความถี่ ให้คำนวณเป็นวัตต์รวมได้จาก วัตต์ด้านออก หารด้วยประสิทธิภาพของเครื่องแปลงความถี่ ซึ่งหากระบุเป็นแรงม้าเนื่องจากเป็นชนิดหมุน (โรตารี) ให้คิดเป็นวัตต์ได้จาก แรงม้าด้านออก คูณกับ 746 แล้วหารด้วยประสิทธิภาพของเครื่องแปลงความถี่ ซึ่งประสิทธิภาพโดยประมาณของเครื่องแปลงความถี่ชนิดสแตติกมีค่า 85% และชนิดโรตารีมีค่า 70%

4. โหลดที่เป็นเครื่องยูนิตให้คำนวณเป็นวัตต์รวมได้จาก วัตต์ด้านออก หารด้วยประสิทธิภาพของเครื่องยูนิต แล้วบวกด้วยวัตต์จากการประจุไฟฟ้าให้แบตเตอรี่ ซึ่งหากระบุเป็นแรงม้าเนื่องจากเป็นชนิดหมุน (โรตารี) [2, 7, 9] ให้คิดเป็นวัตต์ได้จาก แรงม้าด้านออก คูณกับ 746 หารด้วยประสิทธิภาพของเครื่องยูนิต แล้วบวกด้วยวัตต์จากการประจุไฟฟ้าให้แบตเตอรี่ (หากแบตเตอรี่ด้วย) ซึ่งประสิทธิภาพโดยประมาณของเครื่องยูนิตชนิดสแตติกมีค่า 85% และชนิดโรตารีมีค่า 70% ส่วนการประจุไฟฟ้าให้แบตเตอรี่มีค่า 20% ของพิกัดปกติของเครื่องยูนิต

3.3 การเผื่อขนาดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อใช้กับโหลดไม่เชิงเส้น

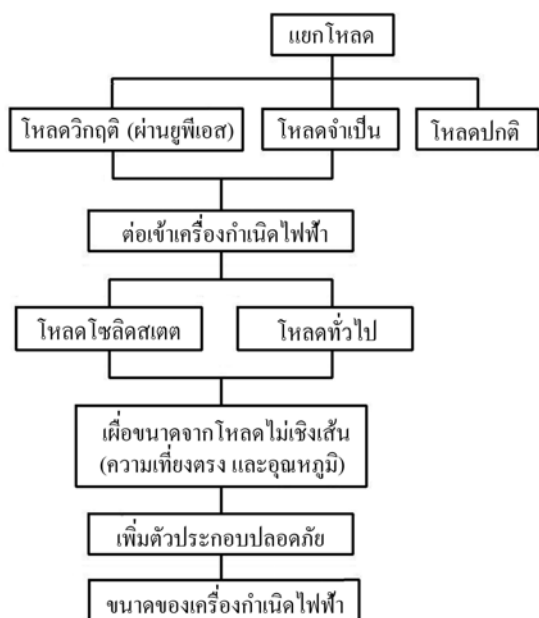
การพิจารณาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ใช้งานร่วมกับโหลดไม่เชิงเส้นที่เป็นโซลิดสเตตนั้น โดยส่วนใหญ่จะให้โหลดดังกล่าวต่อกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าไม่เกิน 70% ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ซึ่งโหลดที่เหลืออีก 30% ให้เป็นโหลดทั่วไป เพื่อไม่ให้เกิดความผิดปกติของรูปคลื่นไฟฟ้ามากเกินไป

4. การคำนวณขนาดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

โดยปกติแล้ว เครื่องกำเนิดไฟฟ้าทั่วไปจะรับโหลดไม่เชิงเส้นที่เป็นโหลดชดเชยได้ไม่มากนักคือ รับได้เพียง 55% ของโหลดปกติทั่วไปเท่านั้น แต่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าบางชนิดสามารถรับโหลดชดเชยได้ถึง 75%

ในการคำนวณขนาดเครื่องกำเนิดไฟฟ้านั้น จะต้องเผื่อขนาดเป็น 2 ประเภทคือ ประเภทที่ 1 เป็นการเผื่อให้เกิดความเที่ยงตรง (เผื่อตามชนิดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่รับโหลดชดเชยได้ 55% หรือ 75%) และประเภทที่ 2 เป็นการเผื่อไม่ให้อุณหภูมิสูงเกิน (เผื่อไว้ 15%) แล้วจึงเลือกขนาดที่สูงจากการเผื่อดังกล่าว มารวมกับโหลดปกติ หลังจากนั้นจึงเพิ่มตัวประกอบความปลอดภัย (Safety factor) อีก 25% ได้เป็นขนาดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าตามแนวทางการคำนวณในรูปที่ 4



รูปที่ 4 แนวทางการคำนวณขนาดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ตัวอย่างการคำนวณขนาดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่จ่ายไฟฟ้าให้กับเครื่องยูทีเอสชนิดสเตติกชนิด 6 พัลส์ 70% และโหลดทั่วไป 30% ของโหลดรวม 1,000 เควีเอ โดยถือว่าระบบ

ไฟฟ้ามีตัวประกอบกำลังล้าหลังเป็น 0.8 [5] ทั้งนี้ประสิทธิภาพรวมของยูทีเอสนี้มีค่า 85% และพลังงานประจุไฟฟ้าให้แบตเตอรี่เป็น 20% ของปกติ

1. คำนวณเป็นวัตต์

$$\text{โหลดรวม} = \text{KVA} \times \text{Pf}$$

$$= 1,000 \times 0.8$$

$$= 800 \text{ กิโลวัตต์}$$

$$\text{โหลดยูทีเอสด้านออก } 70\% = 800 \times 0.7$$

$$= 560 \text{ กิโลวัตต์}$$

ประสิทธิภาพรวมของยูทีเอสสเตติกมีค่า 85%

$$\text{โหลดยูทีเอสด้านเข้า} = 560 \div 0.85$$

$$= 659 \text{ กิโลวัตต์}$$

พลังงานประจุไฟฟ้าให้แบตเตอรี่เป็น 20% ของปกติ

$$\text{โหลดยูทีเอสด้านเข้ารวม} = 659 \times 1.20$$

$$= 791 \text{ กิโลวัตต์}$$

2. คำนวณโหลดจากการเผื่อประเภทที่ 1 (ความเที่ยงตรง)

หากเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีคุณภาพดี (รับโหลดชดเชยได้ 75% ของโหลดปกติ)

$$\text{โหลดที่เผื่อให้เที่ยงตรง} = 791 \div 0.75$$

$$= 1,055 \text{ กิโลวัตต์}$$

$$\text{โหลดทั่วไป } 30\% = 800 \times 0.3$$

$$= 240 \text{ กิโลวัตต์}$$

$$\text{โหลดทั้งหมด} = \text{โหลดทั่วไป} + \text{โหลดที่เผื่อ}$$

$$= 240 + 1,055$$

$$= 1,295 \text{ กิโลวัตต์}$$

3. คำนวณโหลดจากการเผื่อประเภทที่ 2 (อุณหภูมิสูง)

ปกติจะเพิ่มขนาดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เนื่องจากผลของอุณหภูมิจากโหลดไม่เชิงเส้นเป็น 115%

$$\text{โหลดที่เผื่อไม่ให้อุณหภูมิสูง} = 791 \times 1.15$$

$$= 910 \text{ กิโลวัตต์}$$

$$\begin{aligned}\text{โหลดทั้งหมด} &= \text{โหลดทั่วไป} + \text{โหลดที่เผื่อฯ} \\ &= 240 + 910 \\ &= 1,150 \text{ กิโลวัตต์}\end{aligned}$$

4. การเลือกขนาดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

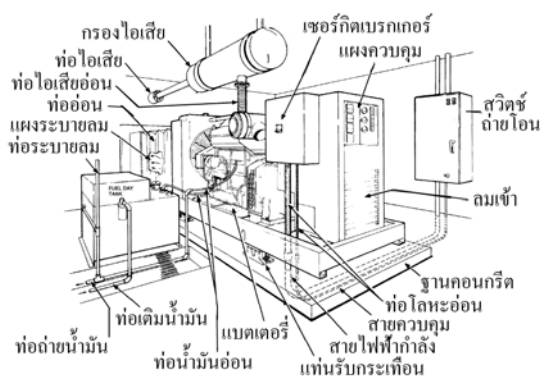
โหลดจากการเผื่อข้างต้นประเภทที่ 1 ได้โหลดรวม 1,295 กิโลวัตต์ และประเภทที่ 2 ได้โหลดรวม 1,150 กิโลวัตต์ ดังนั้นจึงพิจารณาเลือกโหลดรวมที่สูงที่สุดคือ 1,295 กิโลวัตต์

$$\begin{aligned}\text{ดังนั้นเครื่องกำเนิดไฟฟ้า} &= 1,295 \times 1.25 \\ &= 1,619 \text{ กิโลวัตต์} \\ \text{หรือ} &= 1,619 \div 0.8 \\ &= 2,024 \text{ เควื่อ}\end{aligned}$$

สรุปแล้ว จะต้องเลือกขนาดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีคุณภาพดี (รับโหลดโหลดได้ 75%) มีขนาดไม่เล็กกว่า 1,619 กิโลวัตต์ หรือ 2,024 เควื่อ ในภาวะที่ทำงานแบบสำรอง (Standby) เนื่องจากไม่ได้ใช้งานตลอดเวลา

5. การติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีอุปกรณ์ประกอบติดตั้งที่จะต้องพิจารณาจำนวนมากตามรูปที่ 5 เช่น เครื่องยนต์ดีเซล ออลเตอร์เนเตอร์ แผงควบคุม แบตเตอรี่ ท่อไอเสีย ระบบระบายความร้อน ถังเก็บน้ำมันสำรอง สวิตช์ถ่ายโอนโหลด เป็นต้น [3, 4]



รูปที่ 5 การติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพร้อมอุปกรณ์

อุปกรณ์ประกอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีรายละเอียดดังนี้

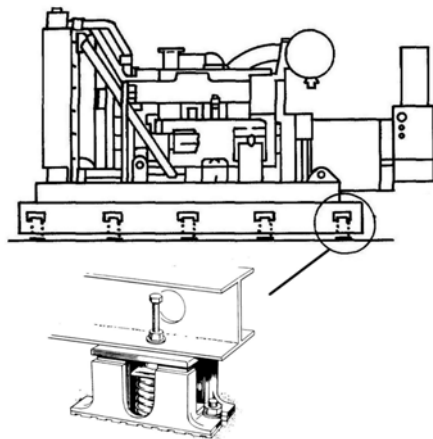
1. เครื่องยนต์ เป็นเครื่องยนต์ดีเซล ทำงานแบบ 4 จังหวะหรือ 2 จังหวะตามขนาดของเครื่อง มีระบบควบคุมความเร็วรอบของเครื่องยนต์ให้คงที่และมีความเที่ยงตรง $\pm 2\%$ ที่ภาวะปกติ ระบบเชื้อเพลิงควรมีปั๊มถ่าน้ำมันพร้อมเครื่องกรองน้ำมันแบบเปลี่ยนไส้ได้ โดยมีถ่านน้ำมันภายนอกพร้อมเครื่องสูบน้ำมันแบบใช้ไฟฟ้าและมีมือโยก การระบายความร้อนเป็นชนิดใช้น้ำหรืออากาศตามเหมาะสม โดยระบายความร้อนผ่านรังผึ้งออกนอกอาคาร และควรมีระบบสตาร์ทด้วยไฟฟ้าซึ่งสตาร์ทได้ทั้งมือและอัตโนมัติ

2. ออลเตอร์เนเตอร์ เป็นเครื่องผลิตไฟฟ้าที่ต่อพ่วงกับโดยตรงกับเครื่องยนต์ดีเซล และสามารถจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้โหลดไม่เชิงเส้นได้โดยไม่เกิดความร้อนและเกิดการผิพเพี้ยนในรูปคลื่นไฟฟ้า และมีชุดควบคุมให้แรงดันไฟฟ้าอยู่ในช่วง $\pm 2\%$ และความถี่ไฟฟ้าอยู่ในช่วง $\pm 1\%$ พร้อมอุปกรณ์กรองคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าไม่ให้เกิดรบกวนระบบอื่น

3. แบตเตอรี่ ควรเป็นแบบตะกั่วกรดเพื่อจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้แก่ชุดสตาร์ทเครื่องยนต์ได้อย่างน้อย 4 ครั้ง พร้อมกันมีระบบประจุไฟฟ้าให้แบตเตอรี่เมื่อเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทำงาน โดยสามารถประจุไฟฟ้าให้แบตเตอรี่ได้เต็มภายใน 12 ชั่วโมง

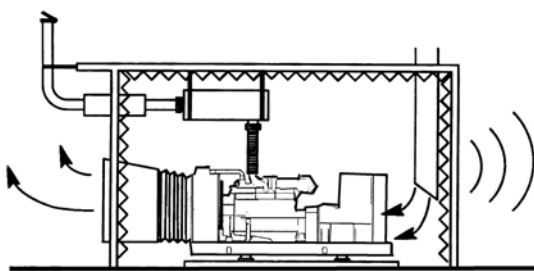
4. แผงควบคุมเครื่อง ประกอบด้วยมาตรวัดทางกลและทางไฟฟ้า เช่น อุณหภูมิ ความเร็วรอบ กระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า ความถี่ไฟฟ้า เป็นต้น โดยมีอุปกรณ์ป้องกันพร้อมสัญญาณแจ้งเหตุเมื่อเกิดขัดข้องหรือผิดปกติ

ส่วนสำคัญอีกประการหนึ่งคือ การป้องกันการสั่นสะเทือนเมื่อเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทำงาน โดยจะต้องออกแบบฐานรับน้ำหนักที่แข็งแรงและมีอุปกรณ์ลดการสั่นสะเทือนรองรับที่ฐานเครื่องตามตัวอย่างในรูปที่ 6



รูปที่ 6 การติดตั้งเพื่อลดการสั่นสะเทือน

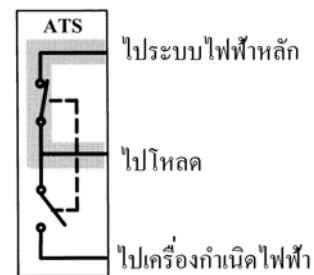
ในการติดตั้งระบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าให้มีการเก็บเสียงด้วยนั้น จะต้องสร้างห้องเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเป็นห้องพิเศษตามตัวอย่างในรูปที่ 7 ที่มีผนังเก็บเสียง ซึ่งลดระดับเสียงลงได้ประมาณ 35 ถึง 40 เดซิเบล (ให้เหลือไม่เกิน 75 เดซิเบล เมื่อวัดภายนอกห้องที่ระยะ 1 เมตรจากผนังห้อง) และติดตั้งพัดลมระบายอากาศเมื่อเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากำลังทำงาน โดยมีการควบคุมพัดลมให้ทำงานอัตโนมัติเมื่ออุณหภูมิในห้องสูงเกิน 30°C และมีแผงแสดงผลระยะไกลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าอีกด้วย [8]



รูปที่ 7 การติดตั้งห้องเก็บเสียงของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

6. สวิตช์ถ่ายโอนโหลดอัตโนมัติ

สวิตช์ถ่ายโอนโหลดอัตโนมัติช่วยในการถ่ายโอนโหลดจากระบบไฟฟ้าหลักตามปกติ ไปยังระบบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ในกรณีที่ไฟฟ้าหลักตามปกติเกิดขัดข้อง และถ่ายโอนโหลดกลับไปให้ไฟฟ้าหลักดั้งเดิมเมื่อระบบไฟฟ้าหลักกลับสู่ภาวะปกติ สวิตช์ถ่ายโอนโหลดอัตโนมัติมีรูปแบบมาตรฐานตามรูปที่ 8



รูปที่ 8 รูปแบบมาตรฐานของสวิตช์ถ่ายโอนโหลด

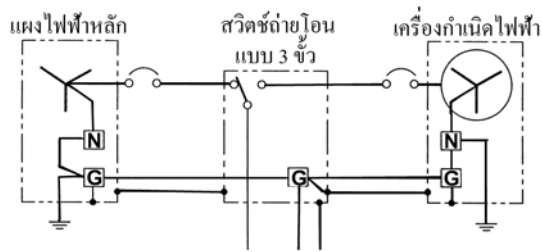
แผงสวิตช์ถ่ายโอนโหลดอัตโนมัติ จะมีระบบที่ตั้งให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าทำงานเป็นประจำทุกสัปดาห์ โดยทำงานครั้งละประมาณ 15 นาที ในการสั่งให้เครื่องทำงานนั้น สามารถสั่งได้ทั้งอัตโนมัติหรือใช้คน และมีสวิตช์เลือกการทำงานได้ 4 รูปแบบคือ รูปแบบที่ 1 เป็นภาวะที่มีการควบคุมและสั่งการทั้งหมดด้วยมือ รูปแบบที่ 2 เป็นภาวะที่มีการควบคุมและสั่งการทั้งหมดแบบอัตโนมัติ รูปแบบที่ 3 เป็นภาวะที่ทำการทดสอบระบบทั้งหมด และรูปแบบที่ 4 เป็นภาวะที่ปิดระบบทั้งหมดเพื่อซ่อมบำรุง

7. การต่อลงดินของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

การต่อลงดินของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีวิธีการดังนี้

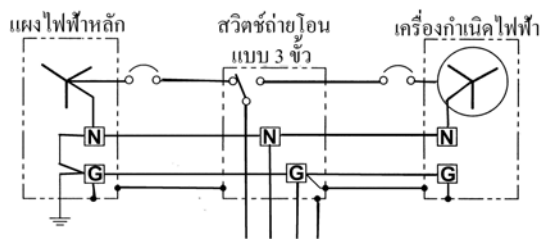
1. แผงไฟฟ้าหลักหรือแผงประธานเข้าอาคาร จะต้องมีการต่อลงดินโดยผ่านแท่งหลักดิน และจะต้องมีการต่อร่วมกันระหว่างสายนิวทรัลกับสายดิน [2, 3, 5]
2. ภายในแผงไฟฟ้าย่อย จะต้องมีการต่อลงดินระหว่างเปลือกตู้โลหะกับบัสสำหรับต่อร่วมสายดิน และต่อเข้ากับโครงเหล็กของอาคาร (หากมี) เพื่อป้องกันแรงดันไฟฟ้าสัมผัส [3]

ในการต่อลงดินของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และสวิตช์ถ่ายโอนโหลดอัตโนมัติ นั้น จะต้องลงดินที่จุดนิวทรัลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ต่อแบบวาย โดยมีระบบการต่อลงดินของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าได้ 3 รูปแบบคือ รูปแบบที่ 1 มีระบบไฟฟ้าที่เป็น 3 สายและมีสวิตช์ถ่ายโอนแบบ 3 ขั้ว พร้อมสายดินไปยังโหลดตามรูปที่ 9



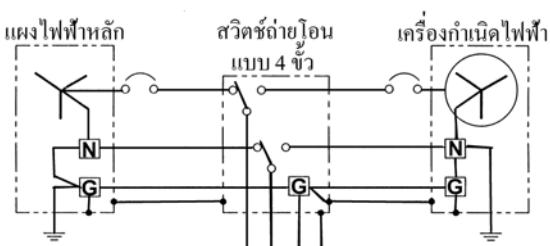
รูปที่ 9 การต่อลงดินระบบไฟฟ้า 3 สายพร้อมสายดิน และมี สวิตช์ถ่ายโอนแบบ 3 ขั้ว

รูปแบบที่ 2 เป็นการต่อลงดินของเครื่องกำเนิด ไฟฟ้าที่มีระบบไฟฟ้าเป็น 4 สาย และมีสวิตช์ถ่ายโอนแบบ 3 ขั้ว พร้อมสายดินไปยังโหนดตามรูปที่ 10



รูปที่ 10 การต่อลงดินระบบไฟฟ้า 4 สายพร้อมสายดิน และมี สวิตช์ถ่ายโอนแบบ 3 ขั้ว

รูปแบบที่ 3 เป็นการต่อลงดินของเครื่องกำเนิด ไฟฟ้าที่มีระบบไฟฟ้าเป็น 4 สาย และมีสวิตช์ถ่ายโอนแบบ 4 ขั้ว พร้อมสายดินไปยังโหนดตามรูปที่ 11



รูปที่ 11 การต่อลงดินระบบไฟฟ้า 4 สายพร้อมสายดิน และมี สวิตช์ถ่ายโอนแบบ 4 ขั้ว

8. การทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

แนวทางในการทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีดังนี้

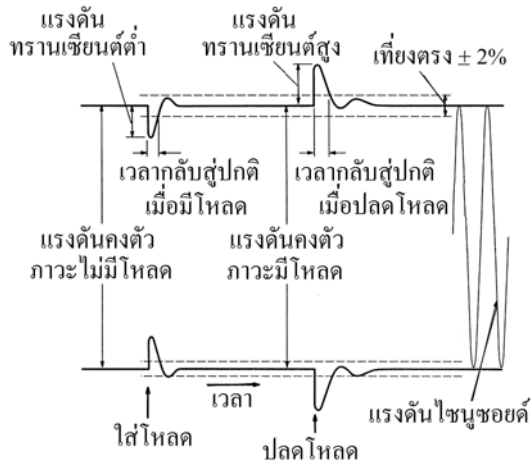
1. วิธีการทดสอบ ประกอบด้วย การทดสอบ 3 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 เป็นการทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในการจ่าย พลังงาน ส่วนที่ 2 เป็นการทดสอบภาวะการทำงานและการ ปิดระบบเพื่อความปลอดภัย (Shut down) และส่วนที่ 3 เป็นการทดสอบสวิตช์ถ่ายโอนโหลด

2. การทดสอบปิดระบบ เป็นการทดสอบเพื่อที่จะ ทราบว่า แต่ละภาวะเกิดการขัดข้องขึ้นหรือไม่ เช่น ภาวะ ความเร็วรอบสูงเกินไป ภาวะความดันของน้ำมันต่ำเกินไป ภาวะอุณหภูมิสูงเกินไป และภาวะการเริ่มทำงานล้มเหลว เป็นต้น

3. ทดสอบสวิตช์ถ่ายโอนโหลดอัตโนมัติ เป็นการ ทดสอบเพื่อที่จะทราบว่า แต่ละภาวะมีการใช้เวลานานเท่าไร เช่น ภาวะที่ระบบไฟฟ้าหลักขัดข้อง ภาวะหน่วงเวลาในการ เปิดระบบ ภาวะถ่ายโอนโหลดไปยังเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ภาวะ ถ่ายโอนโหลดกลับไปยังไฟฟ้าหลักตามปกติ และภาวะเครื่อง หยุดเมื่อปิดระบบ (Cool down)

4. การทดสอบเครื่องยนต์ เป็นการทดสอบโดยใช้ โหลดเทียม (Dummy load) เพื่อจะได้ทราบถึงความทนทาน และการทำงานของเครื่องยนต์อย่างต่อเนื่อง แล้วจึงปรับแต่ง อุปกรณ์ทุกชนิดให้ทำงานถูกต้องคือ ภาวะเดินเครื่องโดย ทดลองจ่ายโหลด 10% 50% 100% 110% ของพิกัดเครื่อง และ ภาวะรับโหลดกระชาก (Load impact and One step load)

ในการทดสอบดังกล่าวจะต้องตรวจวัดค่าทางกล และวัดค่าทางไฟฟ้า โดยมีการปรับแต่งจนได้ค่าที่ถูกต้องและ เทียงตรง รวมทั้งมีการทำงานที่ถูกต้องในภาวะต่างๆ ตามรูปที่



รูปที่ 12 ภาพการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

9. สรุป

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะนำมาใช้งานกับโหลดทั้งที่เป็นชนิดเชิงเส้นและชนิดไม่เป็นเชิงเส้น ให้เกิดประโยชน์สูงสุดทั้งด้านประสิทธิภาพ ด้านการประหยัดพลังงาน ด้านการลงทุน และด้านที่ไม่ก่อให้เกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อมนั้น จะต้องพิจารณาองค์ประกอบต่างๆ ให้ครบถ้วนทุกด้านทั้งลักษณะของโหลดที่ใช้งาน การติดตั้งที่ถูกต้องทั้งทางกลและทางไฟฟ้ารวมถึงความปลอดภัย อีกทั้งจะต้องมีการคำนวณขนาดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าอย่างถูกต้อง

เอกสารอ้างอิง

- [1] Thomas E. Kissell, "Industrial Electronics", Prentice-Hall, England, 1997, pp.253-257, 515-520.
- [2] John A. DeDad, "Practical Guide for Quality Power for Sensitive Electrical Equipment", Overland Park, EC&M Electric Group, U.S.A., 1996, pp.21-22, 27-29, 45-49.
- [3] Co Dennis, Poole, "Electrical Distribution in Buildings", Blackwell Science, England, 1994, pp.24-29, 34-36, 192-197.
- [4] Alexander C. King, William Knight, "Uninterruptible Power Supplies and Standby Power Systems", McGraw-Hill, U.S.A., 2003, pp.30-35, 49-52.
- [5] Federal Information Processing Standards Publication, "Guideline on Electrical Power for ADP Installations",

(FIPS PUB 94), National Bureau of Standard, U.S.A., 1983, pp.14-18, 63-67.

[6] David C. Griffith, "Uninterruptible Power Supplies", Marcel Dekker, Inc., U.S.A., 1989, pp.367-371.

[7] John, J.R. Platts, D. Autrey, "Uninterruptible Power Supplies IEE Power Series 14", Petergrinus, England, 1992, pp.32-45, 123-127.

[8] Joseph. F. Mc Partland, Brain J. Mc Partland, "Handbook of Practical Electrical Design", McGraw-Hill, U.S.A., 1999, pp.233-238, 279-290.

[9] IEEE Standard Board, "IEEE Recommended Practice for Powering and Grounding Sensitive Electronic Equipment", The institute of Electrical and Electronic, U.S.A. 1995, pp.174-177.