

การลดคาร์บอนฟุตพริ้นด้วยการลด Reactive Power

ดร.อัมพร โพธิ์โย

Reactive power คืออะไร

Reactive power (กำลังรีแอคทีฟ) คือพลังงานที่ถูกใช้ในวงจรไฟฟ้าสำหรับสร้างและบำรุงรักษาสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าในอุปกรณ์เช่น มอเตอร์ หม้อแปลง และเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ไม่ได้ถูกใช้สำหรับทำงานที่มีประโยชน์จริง ๆ เช่นการหมุนมอเตอร์หรือการส่องสว่างของหลอดไฟ

ลักษณะและคุณสมบัติของกำลังรีแอคทีฟ

1. หน่วยวัด

- วัดในหน่วยวาร์ (VAR - Volt-Ampere Reactive)

2. องค์ประกอบของกำลังไฟฟ้าทั้งหมด

- ในระบบไฟฟ้ากระแสสลับ (AC), กำลังไฟฟ้าทั้งหมด (S) ประกอบด้วยกำลังจริง (P) และกำลังรีแอคทีฟ (Q)
- กำลังไฟฟ้าจริง (P) วัดเป็นวัตต์ (W) คือพลังงานที่ทำงานที่มีประโยชน์จริง
- กำลังรีแอคทีฟ (Q) วัดเป็นวาร์ คือพลังงานที่สร้างสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้า

3. มุมเฟส (Phase Angle)

- กำลังรีแอคทีฟมีความสัมพันธ์กับมุมเฟสระหว่างแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า
- เมื่อมุมเฟสเท่ากับศูนย์ อุปกรณ์จะมีเพียงกำลังจริง
- เมื่อมุมเฟสไม่เท่ากับศูนย์, กำลังรีแอคทีฟจะเพิ่มขึ้น

4. การชดเชยกำลังรีแอคทีฟ

- ตัวเก็บประจุและตัวเหนี่ยวนำถูกใช้เพื่อชดเชยกำลังรีแอคทีฟในระบบไฟฟ้า
- การชดเชยช่วยลดการสูญเสียในสายส่งและเพิ่มประสิทธิภาพของระบบไฟฟ้า

ความสำคัญของกำลังรีแอคทีฟ

1. การทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้า

- จำเป็นสำหรับการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าบางชนิด เช่น มอเตอร์ไฟฟ้าและหม้อแปลง

2. เสถียรภาพของระบบไฟฟ้า

- การควบคุมและการชดเชยกำลังรีแอคทีฟมีบทบาทสำคัญในการรักษาเสถียรภาพและความสมดุลของระบบไฟฟ้า

3. ประสิทธิภาพของการส่งกำลังไฟฟ้า

- การจัดการกำลังรีแอกทีฟที่ดีสามารถลดการสูญเสียในสายส่งไฟฟ้าและเพิ่มประสิทธิภาพของการส่งกำลัง

ผลเสียของ Reactive power

กำลังรีแอกทีฟ (Reactive Power) แม้ว่าจะมีความจำเป็นในการสร้างสนามแม่เหล็กและไฟฟ้าสำหรับอุปกรณ์ต่าง ๆ ในระบบไฟฟ้า แต่ก็มีผลเสียหลายประการเมื่อมีการจัดการหรือควบคุมที่ไม่เหมาะสม ดังนี้

ผลเสียของกำลังรีแอกทีฟ

1. การสูญเสียพลังงาน (Power Losses)

- กำลังรีแอกทีฟไม่ได้ทำงานที่มีประโยชน์จริง ทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานในสายส่งและอุปกรณ์ในระบบไฟฟ้า

2. ประสิทธิภาพของระบบลดลง (Reduced System Efficiency)

- การมีปริมาณกำลังรีแอกทีฟมากเกินไปในระบบทำให้ระบบไฟฟ้าทำงานที่ประสิทธิภาพต่ำลง
- ต้องใช้กำลังไฟฟ้าจริง (Real Power) มากขึ้นเพื่อส่งกำลังไฟฟ้าไปยังโหลด

3. แรงดันไฟฟ้าไม่เสถียร (Voltage Instability)

- กำลังรีแอกทีฟสามารถทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในแรงดันไฟฟ้าของระบบ ทำให้แรงดันไฟฟ้าขึ้นลงไม่เสถียร
- อาจทำให้แรงดันไฟฟ้าต่ำเกินไปหรือลอยสูงเกินไป ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้า

4. ความสามารถในการส่งกำลังไฟฟ้าลดลง (Reduced Power Transmission Capacity)

- การส่งกำลังรีแอกทีฟในสายส่งไฟฟ้าจะลดความสามารถในการส่งกำลังไฟฟ้าจริง
- ทำให้ต้องใช้สายส่งที่ใหญ่ขึ้นหรือมีความจุมากขึ้นเพื่อรองรับทั้งกำลังรีแอกทีฟและกำลังไฟฟ้าจริง

5. ค่าใช้จ่ายสูงขึ้น (Increased Costs)

- ค่าใช้จ่ายในการผลิตและส่งกำลังไฟฟ้าสูงขึ้นเนื่องจากการสูญเสียพลังงานและความจำเป็นในการปรับปรุงระบบเพื่อรองรับกำลังรีแอกทีฟ

- อาจต้องติดตั้งอุปกรณ์ชดเชยกำลังรีแอกทีฟ เช่น ตัวเก็บประจุ (Capacitors) หรือตัวเหนี่ยวนำ (Inductors) ซึ่งเพิ่มค่าใช้จ่าย

6. ผลกระทบต่ออุปกรณ์ไฟฟ้า (Impact on Electrical Equipment)

- อุปกรณ์ไฟฟ้า เช่น มอเตอร์ หม้อแปลง และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าอาจเสื่อมสภาพเร็วขึ้นเนื่องจากต้องรับภาระกำลังรีแอคทีฟเพิ่มเติม

- อาจเกิดความร้อนมากขึ้นและอาจทำให้อุปกรณ์ชำรุดหรือเสียหาย

7. ผลกระทบต่อคุณภาพของพลังงานไฟฟ้า (Impact on Power Quality)

- การมีปริมาณกำลังรีแอคทีฟมากเกินไปสามารถทำให้คุณภาพของพลังงานไฟฟ้าลดลง ส่งผลต่อการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต้องการแรงดันและความถี่คงที่

การจัดการกำลังรีแอคทีฟ

การจัดการกำลังรีแอคทีฟอย่างเหมาะสมเป็นสิ่งสำคัญเพื่อหลีกเลี่ยงผลเสียเหล่านี้ โดยวิธีการจัดการได้แก่:

- การติดตั้งตัวเก็บประจุ (Capacitor Banks) เพื่อชดเชยกำลังรีแอคทีฟในระบบ
- การใช้ตัวเหนี่ยวนำ (Inductors) ในกรณีที่ต้องการลดกำลังรีแอคทีฟที่เป็นบวก
- การใช้เครื่องควบคุมแรงดันไฟฟ้าและอุปกรณ์จัดการกำลังรีแอคทีฟอัตโนมัติ

การคำนวณการสูญเสียจาก reactive power

การคำนวณการสูญเสียจากกำลังรีแอคทีฟในระบบไฟฟ้ามีหลายวิธี ขึ้นอยู่กับลักษณะของระบบและข้อมูลที่มีอยู่ โดยทั่วไปการสูญเสียกำลังไฟฟ้าในสายส่ง (Line Losses) เกิดจากการไหลของกำลังรีแอคทีฟผ่านสายส่งซึ่งทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานในรูปของความร้อน

สูตรพื้นฐานสำหรับการคำนวณการสูญเสียในสายส่ง

1. การสูญเสียพลังงานในสายส่ง (Line Losses)

- การสูญเสียพลังงานในสายส่งสามารถคำนวณได้โดยใช้สมการ:

$$P_{\text{loss}} = I^2 \times R$$

โดยที่:

- P_{loss} = กำลังไฟฟ้าที่สูญเสีย (วัตต์, W)
- I = กระแสไฟฟ้าในสายส่ง (แอมแปร์, A)
- R = ความต้านทานของสายส่ง (โอห์ม, Ω)

2. การคำนวณกระแสไฟฟ้า (Current Calculation)

- กระแสไฟฟ้าในสายส่งสามารถคำนวณได้จากกำลังไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้า:

$$I = \frac{S}{V}$$

โดยที่:

- I = กระแสไฟฟ้า (A)
- S = กำลังไฟฟ้าทั้งหมด (VA, Volt-Amperes) ซึ่งรวมถึงกำลังจริงและกำลังรีแอคทีฟ
- V = แรงดันไฟฟ้า (V)

3. การคำนวณกำลังไฟฟ้าทั้งหมด (Apparent Power)

- กำลังไฟฟ้าทั้งหมดสามารถคำนวณได้จากกำลังจริงและกำลังรีแอคทีฟ

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

โดยที่:

- S = กำลังไฟฟ้าทั้งหมด (VA)
- P = กำลังไฟฟ้าจริง (W)
- Q = กำลังรีแอคทีฟ (VAR)

ขั้นตอนการคำนวณการสูญเสียจากกำลังรีแอคทีฟ

1. คำนวณกำลังไฟฟ้าทั้งหมด (Apparent Power, S)

- หากทราบค่ากำลังจริง (P) และกำลังรีแอคทีฟ (Q), ใช้สูตร

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

2. คำนวณกระแสไฟฟ้าในสายส่ง (Current, I)

- ใช้ค่า S ที่ได้จากขั้นตอนแรก และแรงดันไฟฟ้า (V) ในสายส่ง:

$$I = \frac{S}{V}$$

3. คำนวณการสูญเสียพลังงานในสายส่ง (Line Losses, P_{loss})

- ใช้ค่ากระแสไฟฟ้า (I) และความต้านทานของสายส่ง (R)

$$P_{loss} = I^2 \times R$$

ตัวอย่างการคำนวณ

สมมติว่า

- กำลังจริง $P = 1000$ วัตต์
- กำลังรีแอกทีฟ $Q = 500$ วาร์
- แรงดันไฟฟ้า $V = 230$ โวลต์
- ความต้านทานของสายส่ง $R = 0.5$ โอห์ม

1. คำนวณกำลังไฟฟ้าทั้งหมด

$$S = \sqrt{1000^2 + 500^2} = \sqrt{1000000 + 250000} = \sqrt{1250000} = 1,118.03 \text{ VA}$$

2. คำนวณกระแสไฟฟ้า

$$I = \frac{1,118.3}{230} = 4.86 \text{ A}$$

3. คำนวณการสูญเสียพลังงานในสายส่ง

$$P_{\text{loss}} = (4.86)^2 \times 0.5 = 23.62 \text{ W}$$

การลด reactive power ด้วยการลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ และค่าใช้จ่าย

การลดกำลังรีแอกทีฟ (Reactive Power) ในระบบไฟฟ้าสามารถช่วยลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์และค่าใช้จ่ายได้ในหลายด้าน ดังนี้

การลด Reactive Power

1. การใช้ตัวเก็บประจุ (Capacitors)

- ติดตั้งตัวเก็บประจุเพื่อชดเชยกำลังรีแอกทีฟในระบบ ช่วยลดการไหลของกำลังรีแอกทีฟในสายส่ง ทำให้ลดการสูญเสียพลังงานและเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน

2. การใช้ตัวเหนี่ยวนำ (Inductors)

- ในบางกรณีอาจใช้ตัวเหนี่ยวนำเพื่อชดเชยกำลังรีแอกทีฟในระบบ ช่วยรักษาสมดุลของกำลังรีแอกทีฟและกำลังจริง

3. การใช้เทคโนโลยีควบคุมกำลังไฟฟ้าอัตโนมัติ (Automatic Power Factor Correction - APFC)

- ระบบ APFC สามารถตรวจสอบและปรับปรุงตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (Power Factor) แบบเรียลไทม์ ทำให้ลดการสูญเสียพลังงานและเพิ่มประสิทธิภาพ

4. การออกแบบระบบไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพ

- การออกแบบระบบไฟฟ้าที่มีการควบคุมกำลังรีแอกทีฟอย่างเหมาะสมตั้งแต่ต้นจะช่วยลดปริมาณกำลังรีแอกทีฟที่ต้องชดเชยและลดการสูญเสียพลังงาน

ผลต่อการลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์

1. การลดการสูญเสียพลังงาน (Energy Losses Reduction)

- เมื่อมีการลดกำลังรีแอกทีฟ การสูญเสียพลังงานในสายส่งและอุปกรณ์จะลดลง ทำให้ต้องผลิตพลังงานไฟฟ้าน้อยลง ส่งผลให้ลดการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลและการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์

2. เพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน (Energy Efficiency Improvement)

- การปรับปรุงตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (Power Factor) ทำให้ระบบไฟฟ้าทำงานที่ประสิทธิภาพสูงขึ้น ใช้พลังงานอย่างคุ้มค่ามากขึ้น ส่งผลให้ลดการปล่อยคาร์บอน

3. การลดความต้องการพลังงานเพิ่มเติม (Reduced Additional Power Demand)

- เมื่อระบบไฟฟ้ามีประสิทธิภาพมากขึ้น ความต้องการในการสร้างโรงไฟฟ้าหรือขยายกำลังการผลิตจะลดลง ทำให้ลดการปล่อยคาร์บอนจากกระบวนการผลิตพลังงาน

ผลต่อค่าใช้จ่าย

1. การลดค่าใช้จ่ายในการผลิตและส่งกำลังไฟฟ้า (Reduced Production and Transmission Costs)

- การลดกำลังรีแอกทีฟช่วยลดการสูญเสียพลังงาน ทำให้ค่าใช้จ่ายในการผลิตและส่งกำลังไฟฟ้าลดลง

2. การลดค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา (Maintenance Cost Reduction)

- การลดการสูญเสียพลังงานและการปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบไฟฟ้าช่วยลดความร้อนและการสึกหรอของอุปกรณ์ ทำให้ลดค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาและการซ่อมแซม

3. การลดค่าใช้จ่ายในการติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติม (Reduced Additional Equipment Costs)

- การจัดการกำลังรีแอกทีฟอย่างมีประสิทธิภาพช่วยลดความจำเป็นในการติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติม เช่น ตัวเก็บประจุและตัวเหนี่ยวนำ ลดค่าใช้จ่ายในการลงทุน

4. การลดค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงระบบ (System Upgrade Cost Reduction)

- ระบบไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพสูงช่วยลดความจำเป็นในการปรับปรุงหรือขยายระบบในอนาคต ลดค่าใช้จ่ายในระยะยาว

การลด reactive power ด้วย battery energy storage system (BESS)

การลดกำลังรีแอคทีฟ (Reactive Power) ด้วยระบบการจัดเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่ (Battery Energy Storage System หรือ BESS) เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพและยืดหยุ่นมากขึ้นในปัจจุบัน นอกจาก BESS จะช่วยเก็บพลังงานและปล่อยพลังงานเมื่อจำเป็นแล้ว ยังสามารถใช้เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบไฟฟ้าได้โดยเฉพาะในด้านการจัดการกำลังรีแอคทีฟ ดังนี้

การทำงานของ BESS ในการลดกำลังรีแอคทีฟ

1. การชดเชยกำลังรีแอคทีฟ (Reactive Power Compensation)

- BESS สามารถให้หรือดูดซับกำลังรีแอคทีฟได้ตามความต้องการของระบบไฟฟ้า โดยการควบคุมเครื่องแปลงไฟฟ้า (Inverter) ที่ใช้ในระบบ
- ระบบสามารถปรับค่า power factor ของการส่งพลังงานให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสม โดยการจัดการกำลังรีแอคทีฟอย่างมีประสิทธิภาพ

2. การจัดการการไหลของพลังงาน (Energy Flow Management)

- BESS สามารถช่วยลดความผันผวนของการไหลของพลังงานไฟฟ้าและช่วยปรับสมดุลของระบบไฟฟ้าในกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วของโหลดหรือการผลิตพลังงาน
- ทำให้ระบบสามารถทำงานได้เสถียรมากขึ้นและลดการสูญเสียพลังงาน

3. การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน (Improved Energy Efficiency)

- การใช้ BESS เพื่อชดเชยกำลังรีแอคทีฟทำให้ระบบไฟฟ้าทำงานที่ประสิทธิภาพสูงขึ้น ลดการสูญเสียพลังงานในสายส่งและอุปกรณ์
- ส่งผลให้การใช้พลังงานในระบบไฟฟ้ามีประสิทธิภาพมากขึ้นและลดค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน

ข้อดีของการใช้ BESS เพื่อลดกำลังรีแอคทีฟ

1. ความยืดหยุ่น (Flexibility)

- BESS สามารถตอบสนองความต้องการของระบบไฟฟ้าได้อย่างรวดเร็วและยืดหยุ่นในการจัดการกำลังรีแอคทีฟ
- สามารถปรับตัวให้เข้ากับการเปลี่ยนแปลงของโหลดและการผลิตพลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. การปรับปรุงคุณภาพพลังงาน (Power Quality Improvement)

- BESS สามารถช่วยปรับปรุงคุณภาพของพลังงานไฟฟ้า โดยการลดความผันผวนและการสั่นสะเทือนของแรงดันไฟฟ้า
- ทำให้ระบบไฟฟ้ามีความเสถียรและมั่นคงมากขึ้น

3. การลดค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา (Maintenance Cost Reduction)

- การลดกำลังรีแอกทีฟด้วย BESS ช่วยลดความต้องการในการใช้ตัวเก็บประจุและตัวเหนี่ยวนำ ทำให้ลดค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาและการเปลี่ยนอุปกรณ์

4. การสนับสนุนระบบพลังงานทดแทน (Support for Renewable Energy Systems)

- BESS สามารถใช้ร่วมกับระบบพลังงานทดแทน เช่น พลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลม เพื่อจัดการการไหลของพลังงานและชดเชยกำลังรีแอกทีฟ

- ทำให้ระบบพลังงานทดแทนสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

การใช้งาน BESS ในระบบไฟฟ้า

- การติดตั้ง BESS ในสถานีไฟฟ้าย่อยหรือในโรงงานอุตสาหกรรมเพื่อชดเชยกำลังรีแอกทีฟและเพิ่มประสิทธิภาพของระบบไฟฟ้า

- การใช้ BESS ในพื้นที่ที่มีการใช้พลังงานสูงหรือมีการผลิตพลังงานทดแทน เพื่อช่วยรักษาเสถียรภาพของระบบไฟฟ้า

- การใช้ BESS ร่วมกับระบบการจัดการพลังงานอัจฉริยะ (Smart Energy Management Systems) เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานและลดค่าใช้จ่าย

การลดกำลังรีแอกทีฟด้วย BESS เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพและยืดหยุ่นสูง ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน ลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ และลดค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานของระบบไฟฟ้าอย่างมาก