

การลดคาร์บอนฟุตพริ้นด้วยการลดฮาร์โมนิกส์

ดร.อัมพร โพธิ์โย

Total Harmonic Distortion (THD) ของกระแสสูงสามารถมีผลกระทบหลายอย่างต่อระบบไฟฟ้าและอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อกับระบบนั้นได้ เช่น

1. การเสื่อมสภาพของอุปกรณ์

การมีฮาร์โมนิกส์สูงอาจทำให้อุปกรณ์ที่เชื่อมต่อเสื่อมสภาพเร็วขึ้น โดยเฉพาะหม้อแปลงไฟฟ้า, มอเตอร์, และ เครื่องปรับอากาศ

2. การสูญเสียพลังงาน

ฮาร์โมนิกส์ที่สูงอาจเพิ่มการสูญเสียพลังงานในระบบไฟฟ้า ทำให้ประสิทธิภาพในการใช้พลังงานลดลงและค่าไฟฟ้า เพิ่มขึ้น

3. ความร้อนเกิน

การที่กระแสมีฮาร์โมนิกส์สูงสามารถทำให้อุปกรณ์เกิดความร้อนเกิน อาจทำให้เกิดความเสียหายหรือลดอายุการใช้งานของอุปกรณ์

4. ปัญหาในการทำงาน

อุปกรณ์บางชนิด เช่น คอมพิวเตอร์และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ อาจไม่สามารถทำงานได้อย่างถูกต้องในสถานะที่มี กระแสฮาร์โมนิกส์สูง

5. การเกิดสัญญาณรบกวน

ฮาร์โมนิกส์ที่สูงอาจทำให้เกิดสัญญาณรบกวนกับระบบสื่อสารและอุปกรณ์ที่มีความไวต่อสัญญาณ

6. การลดประสิทธิภาพของหม้อแปลง

หม้อแปลงไฟฟ้าอาจเกิดการสูญเสียประสิทธิภาพจากการรับกระแสฮาร์โมนิกส์ ซึ่งอาจทำให้หม้อแปลงร้อนเกินและ อาจเกิดความเสียหาย

มาตรฐานและข้อกำหนดของอุตสาหกรรมของระดับ THD (Total Harmonic Distortion)

1. สำหรับระบบไฟฟ้าแรงต่ำ (Low Voltage Systems)

- THD ของแรงดันไฟฟ้าควรน้อยกว่า 5%
- THD ของกระแสไฟฟ้าควรน้อยกว่า 10% (ขึ้นอยู่กับประเภทของโหลด)

2. สำหรับระบบไฟฟ้าแรงสูง (High Voltage Systems):

- THD ของแรงดันไฟฟ้าควรน้อยกว่า 3%
- THD ของกระแสไฟฟ้าควรน้อยกว่า 8%

มาตรฐานที่ใช้กันอย่างแพร่หลายได้แก่ IEEE 519-2014 ซึ่งให้คำแนะนำเกี่ยวกับระดับฮาร์โมนิกส์ที่ยอมรับได้ในระบบไฟฟ้า

- แรงดันไฟฟ้า THD ควรน้อยกว่า 5% ที่จุดต่อเชื่อมการใช้งาน (Point of Common Coupling, PCC) สำหรับระบบแรงดันต่ำ (< 69 kV)
- กระแสไฟฟ้า THD ควรน้อยกว่า 8% ที่จุดต่อเชื่อมการใช้งานสำหรับระบบแรงดันต่ำ (< 69 kV)

การลด Total Harmonic Distortion ของกระแส (THDi)

สามารถทำได้หลายวิธีตามสถานการณ์และสาเหตุของการเกิดฮาร์โมนิกส์สูงในระบบไฟฟ้า ดังนี้:

1. การใช้ตัวกรองฮาร์โมนิกส์ (Harmonic Filters): มีหลายประเภท เช่น Passive Filters, Active Filters, และ Hybrid Filters ซึ่งสามารถติดตั้งเพื่อกรองฮาร์โมนิกส์ออกจากกระแสไฟฟ้าได้

1.1 การใช้ Active Harmonic Filters (AHFs) สามารถตรวจจับและกำจัดฮาร์โมนิกส์ในระบบไฟฟ้าแบบ เรียลไทม์ มีความยืดหยุ่นสูงในการปรับตัวกับฮาร์โมนิกส์ที่เปลี่ยนแปลงไป สามารถลด THD ได้อย่างมีประสิทธิภาพ มากกว่าวิธีอื่น

1.2 การใช้ Passive Harmonic Filters ประกอบด้วยวงจร LC ที่ออกแบบมาเฉพาะเพื่อกรองฮาร์โมนิกส์ที่เฉพาะเจาะจง มีต้นทุนต่ำกว่าตัวกรองแบบ Active แต่ไม่สามารถปรับตัวกับฮาร์โมนิกส์ที่เปลี่ยนแปลงได้อย่างเรียลไทม์

1.3 การใช้ Hybrid Harmonic Filters รวมคุณสมบัติของทั้ง Active และ Passive Filters ทำให้มีประสิทธิภาพ สูง ในการกรองฮาร์โมนิกส์ในช่วงกว้างและปรับตัวได้ดีกับการเปลี่ยนแปลงของฮาร์โมนิกส์

2. การใช้หม้อแปลงไฟฟ้าพิเศษ: หม้อแปลงไฟฟ้าที่ออกแบบมาเพื่อลดฮาร์โมนิกส์ เช่น K-rated transformers สามารถช่วยลดฮาร์โมนิกส์ในระบบไฟฟ้าได้

3. การใช้ UPS ที่มีคุณภาพสูง: เครื่องสำรองไฟฟ้า (UPS) ที่มีการกรองฮาร์โมนิกส์ในตัวสามารถช่วยปรับปรุงคุณภาพ ของกระแสไฟฟ้า

4. การออกแบบระบบไฟฟ้าให้เหมาะสม: การออกแบบระบบไฟฟ้าที่เหมาะสมสามารถลดการเกิดฮาร์โมนิกส์ได้ เช่น การเลือกใช้สายไฟที่มีขนาดเหมาะสม, การแยกโหลดที่ก่อให้เกิดฮาร์โมนิกส์ออกจากโหลดที่มีความไวต่อฮาร์โมนิกส์

5. การใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generators) ที่มีการควบคุมฮาร์โมนิกส์: เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีระบบควบคุมฮาร์โมนิกส์ในตัวสามารถลดฮาร์โมนิกส์ได้

6. การตรวจสอบและบำรุงรักษาอุปกรณ์ไฟฟ้าเป็นประจำ: การตรวจสอบและบำรุงรักษาอุปกรณ์ไฟฟ้าเป็นประจำ สามารถช่วยป้องกันและลดการเกิดฮาร์โมนิกส์ในระบบไฟฟ้า

7. การใช้ Power Factor Correction Devices: อุปกรณ์แก้ไข Power Factor เช่น Capacitor Banks สามารถช่วยลดฮาร์โมนิกส์ได้

8. การลดการใช้อุปกรณ์ที่ก่อให้เกิดฮาร์โมนิกส์สูง: เช่น การลดการใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีการใช้พลังงานแบบ non-linear

9. การใช้ battery energy storage ในการแก้ปัญหา harmonics
การใช้ระบบเก็บพลังงานจากแบตเตอรี่ (Battery Energy Storage System หรือ BESS) ในการแก้ปัญหา harmonics เป็นวิธีที่มี ประสิทธิภาพและเริ่มเป็นที่นิยมมากขึ้นในหลายๆ อุตสาหกรรม ต่อไปคือแนวทางในการใช้งาน BESS เพื่อจัดการกับ ปัญหา harmonics:

การทำงานของ BESS ในการแก้ปัญหา Harmonics

การกรอง Harmonics (Harmonic Filtering)

- BESS สามารถใช้เพื่อกรอง harmonics โดยการชดเชยกระแสไฟฟ้าที่ผิดปกติในระบบ ทำให้กระแสไฟฟ้าที่ส่งไปยัง โหลดมีคุณภาพที่ดีขึ้น

- การติดตั้งระบบ BESS ร่วมกับ Active Power Filters (APF) หรือ Static Synchronous Compensators (STATCOM) สามารถช่วยลด harmonics ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การปรับสมดุลโหลด (Load Balancing)

- BESS สามารถช่วยปรับสมดุลโหลดในระบบไฟฟ้า ซึ่งช่วยลดปัญหา harmonics ที่เกิดจากโหลดที่ไม่สมดุล

การชดเชยพลังงานปฏิกิริยา (Reactive Power Compensation)

- Harmonics มักเกิดขึ้นจากการใช้พลังงานปฏิกิริยาที่ไม่สม่ำเสมอ BESS สามารถช่วยชดเชยพลังงานปฏิกิริยาและปรับปรุง Power Factor ของระบบได้

การควบคุมพลังงาน (Energy Management)

- ระบบ BESS สามารถช่วยในการจัดการและควบคุมการใช้พลังงานในช่วงเวลาที่มีการใช้พลังงานสูงสุด ทำให้สามารถลดผลกระทบของ harmonics ต่อระบบไฟฟ้าได้

ข้อดีของการใช้ BESS ในการแก้ปัญหา Harmonics

- ลดการเสียหายของอุปกรณ์ ลดความเสี่ยงของการเสียหายของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่เกิดจาก harmonics
- เพิ่มประสิทธิภาพระบบไฟฟ้า ช่วยให้ระบบไฟฟ้าทำงานได้มีประสิทธิภาพและมั่นคงมากขึ้น - ปรับปรุงคุณภาพไฟฟ้า ทำให้คุณภาพของไฟฟ้าที่จ่ายไปยังโหลดมีคุณภาพที่ดีขึ้น ลดการเกิดปัญหาไฟฟ้าขัดข้อง
- ลดต้นทุนการดำเนินงาน ลดค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงและการหยุดชะงักของระบบ

การประหยัดจากการลด THDi

สมมติค่าที่วัดได้ Voltage: 397.0 V, Current: 792.5 A, Active Power: 501.5 kW, Reactive Power: 205.5 kvar, Power Factor: 0.97, Voltage Harmonic: 2.90 %, Current Harmonic: 15.6 %

ต้องการลด Current Harmonic (THDi) เหลือ 3% $I = (792.5 \times 0.156) - (792.5 \times 0.03) = 99.9 \text{ A}$

$P = U \times I \times PF = \sqrt{3} \times 397.0 \times 99.9 \times 0.97 = 66.6 \text{ kW}$

ประหยัด: $66.6 \times 24 \times 30 = 47,952$ หน่วย/เดือน

ค่าไฟฟ้าหน่วยละ 5 บาท ดังนั้นจะประหยัด 239,760 บาท/เดือน

ถ้าติดตั้ง Active Harmonic Filters (AHFs) ขนาด kvar corrector: 250 kvar, Harmonic filter: 100 A, ราคา 2,000,000 บาท) จะคืนทุน < 9 เดือน

ลดคาร์บอนฟุตพริ้น

คาร์บอนฟุตพริ้นของการใช้ไฟฟ้า (พ.ศ. 2567) มีค่า 0.5986 kgCo2e/kWh

ดังนั้นการประหยัดไฟฟ้า 47,952 kWh/month เท่ากับการลดคาร์บอนฟุตพริ้น 28,704 kgCo2e/month หรือ 28.704 tCo2e/month หรือ คิดเป็น 344.448 tCo2e/year