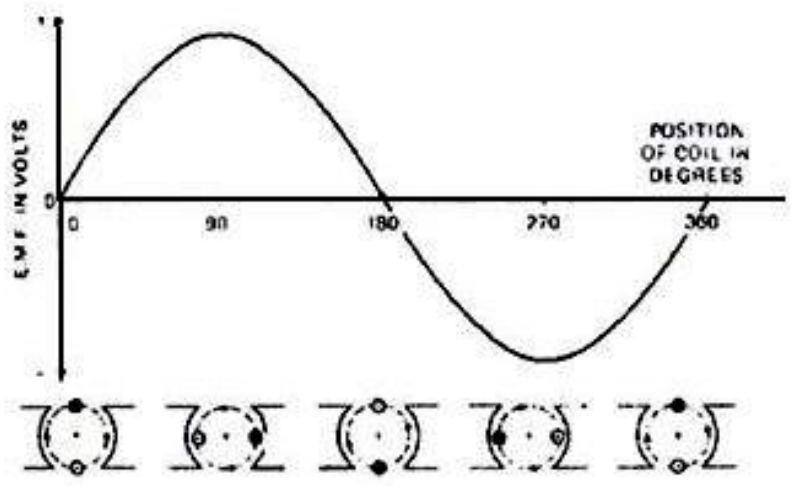
บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในการสร้างเครื่อง มือ วัดพลังงานไฟฟ้านั้น ต้องมีความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการคำนวณกำลังไฟฟ้ากระแสสลับในระบบ 1 เฟส และระบบไฟฟ้า 3 เฟส เพื่อนำหลักการคำนวณมาวิเคราะห์ ไปใช้ในการเขียนโปรแกรมคำนวณกับเครื่องมือวัดพลังงานไฟฟ้า ดังนั้นในบทที่ 2 นี้จึงกล่าวถึงหลักการคำนวณกำลังไฟฟ้าทั้งระบบ 1 เฟส และระบบไฟฟ้า 3 เฟสนี้

2.1 ไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternating current) [1]

แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ คือ แรงดันไฟฟ้าไม่คงที่ เพราะมีรูปคลื่นสลับไปมาระหว่างบวกและลบ จึงเรียกว่าแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ โดยรูปคลื่นของแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับนั้นเป็นรูปคลื่นไซน์ทำให้กระแสไฟฟ้ามีทิศทางการไหลตามการเปลี่ยนแปลงของแรงดันไฟฟ้าไปด้วย



ภาพที่ รูปคลื่นไซน์ที่เกิดจากการหมุนเครื่องกำเนิดกระแสสลับ

จำนวนครั้งของไซเคิลที่เกิดซ้ำๆกันใน 1 วินาที เรียกว่าความถี่ (Frequency) มีหน่วยเป็นเฮิรตซ์ (Hz) ตัวอย่าง เช่น เมื่อกระแสไหลกลับไปกลับมาเป็นจำนวน 50 ครั้ง ในเวลา 1 วินาที นั่นคือความถี่ 50 เฮิรตซ์ มีความต่อเนื่องและสม่ำเสมอ กระแสและแรงดันสลับมีค่าเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอเมื่อเทียบกับเวลา ดังนั้นการบอกค่ากระแสและแรงดันสลับจึงบอกเป็นค่ารากเฉลี่ยกำลังสอง (RMS : Root Mean Square)โดยมีสมการ ดังนี้

$$I_{rms} = \frac{1}{\sqrt{2}} \times I_m$$

$$V_{rms} = \frac{1}{\sqrt{2}} \times V_m$$

เมื่อ I_{rms} และ V_{rms} คือค่ากระแสและแรงดันสลับที่ทำให้เกิดปริมาณความร้อนในตัวต้านทานที่ต่ออยู่ในวงจร เทียบเท่ากับเมื่อป้อนกระแสและแรงดันไฟตรงค่าเดียวกัน เมื่อ I_{rms} และ V_{ms} คือค่ากระแสและแรงดันสูงสุดในหนึ่งไซเคิล กระแสและแรงดันสลับสามารถวัดได้ด้วย เอซีแอมป์ โวล ท์มิเตอร์ ซึ่งค่าที่วัดได้เป็นค่าเฉลี่ยกำลังสอง

เช่นกัน ดังนั้นเครื่องเชื่อมกระแสตรงขนาด แอมป์ เทียบเคียงได้เท่ากับเครื่องเชื่อมกระแสสลับขนาด แอมป์ ในวงจรไฟสลับความต้านทานที่เกิดขึ้นต้านการไหลของกระแส เรียกว่า รีแอกแตนซ์ ซึ่งแบ่งออกเป็น ประเภทคือรีแอกแตนซ์จากขดลวด และรีแอกแตนซ์จากตัวเก็บประจุ โดยรีแอกแตนซ์ทั้งสองนี้มีผลกับวงจรไฟสลับ

2.2 ค่าเฉลี่ย (Average Value) [1]

ค่าเฉลี่ยหมายถึงค่าที่เกิดจากการนำเอาค่าชั่วขณะที่เกิดขึ้น ณ ตำแหน่งต่างๆของไฟฟ้ากระแสสลับมาเฉลี่ยว่ามีค่าเท่าใดในการคิดหาค่าเฉลี่ยจะคิดเพียงครึ่ง ไซเคิลเท่านั้นเพราะว่าถ้าคิดเต็มไซเคิลค่าเฉลี่ยจะมีค่าเท่ากับศูนย์เนื่องจากไฟฟ้ากระแสสลับมีทั้งค่าบวกและค่าลบค่าเฉลี่ยนี้ถ้าเป็นแรงดันไฟฟ้าจะเรียกว่าแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยแทนด้วย V_{av} ถ้าเป็นกระแสไฟฟ้าจะเรียกว่ากระแสไฟฟ้าเฉลี่ยแทนด้วย I_{av} ค่าเฉลี่ยสามารถหาค่าได้จากสมการที่ และสมการที่

$$V_{av} = 0.636V_m \tag{2.3}$$

$$I_{av} = 0.636I_m$$

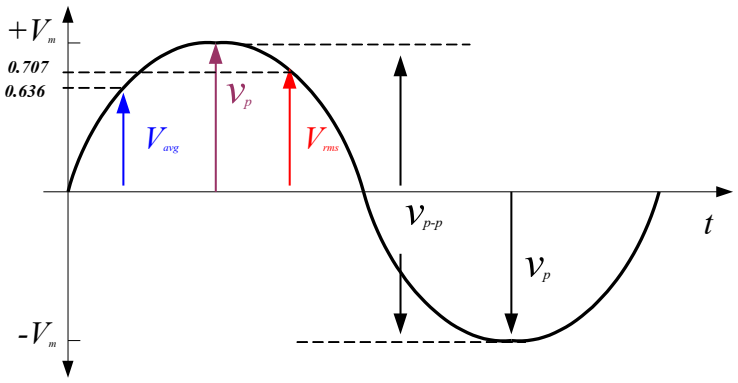
2.3 ค่าประสิทธิผล (Effective) [1]

ค่าประสิทธิผลหมายถึงค่าที่นำไปเปรียบเทียบกับไฟฟ้ากระแสตรงแล้วจะเกิดกำลังไฟฟ้าเท่ากันซึ่งค่าๆนี้สามารถนำมิเตอร์ไปวัดได้บางครั้งเรียกว่าค่าที่วัดได้ถ้าเป็นแรงดันไฟฟ้าจะเรียกว่าแรงดันไฟฟ้าที่ใช้งานหรือแรงดันไฟฟ้าที่วัดได้แทนด้วย V_{eff} V_{rms} และ V ถ้าเป็นกระแสไฟฟ้าจะเรียกว่ากระแสไฟฟ้าที่ใช้งานหรือกระแสไฟฟ้าที่วัดได้แทนด้วย I_{eff} I_{rms} และ I ค่าที่วัดได้หรือค่าที่ใช้งานสามารถหาค่าได้จากสมการที่ และสมการที่

$$V_{eff} = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T v^2(t)\,dt} \quad ($$

$$I_{eff} = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T i^2(t)\,dt} \tag{2.6}$$

สรุปได้ว่าค่าสัญญาณแรงดันหรือกระแสที่อยู่ในรูปสัญญาณไซน์จะประกอบไปด้วยค่าสูงสุดของสัญญาณ (V_m, I_m) ค่าเฉลี่ยของสัญญาณ (V_{avg}, I_{avg}) และค่าประสิทธิผลของสัญญาณ (V_{rms}, I_{rms}) ซึ่งแสดงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ค่าต่างๆในรูปสัญญาณไซน์

2.4 กำลังงานไฟฟ้าชั่วขณะ (Instantaneous Power) [1]

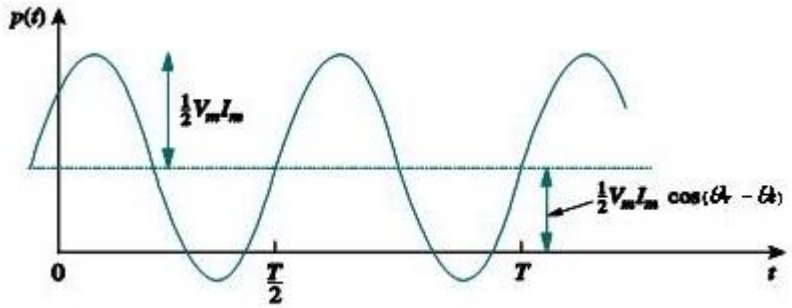
ในวงจรไฟฟ้าถ้าค่าแรงดัน $v(t)$ และกระแสไฟฟ้า $i(t)$ ที่จ่ายให้กับโหลดมีการเปลี่ยนแปลงตามเวลา สามารถหาค่ากำลังงานไฟฟ้าที่เกิดขึ้นที่โหลดได้จาก

$$p(t) = v(t).\, i(t) \qquad (2)$$

สมการกำลังงานไฟฟ้า $p(t)$ นั้นเราเรียกว่า กำลังงานไฟฟ้าชั่วขณะ ซึ่งก็หมายความว่าเราสามารถหาค่ากำลังงานไฟฟ้า ณ เวลา (t) ใดๆ ได้จากสมการด้วยการแทนค่าเวลา (t) ณ จุดที่ต้องการหาค่ากำลังงานไฟฟ้า

$$p(t) = \frac{1}{2}V_{m.}I_m \cos(\theta v - \theta i) + \frac{1}{2}V_{m.}I_m \cos(2\omega t + \theta v + \theta i) \qquad (2)$$

ค่ากำลังงานไฟฟ้าชั่วขณะที่เกิดขึ้นในวงจรที่มีแหล่งจ่ายในรูปสัญญาณไซน์ สามารถหาได้จากสมการที่ ( ) และจากการพิจารณาสมการที่ ( ) จะพบว่าสมการค่ากำลังงานไฟฟ้าชั่วขณะจะแบ่งออกเป็น 2 เทอมด้วยกัน คือ ในเทอมแรก $\left[\frac{1}{2}V_{m.}I_m\cos(\theta v-\theta i)\right]$ นั้นจะเป็นค่าคงที่เพราะไม่มีตัวแปรเวลา (t) อยู่ในสมการ และเทอมที่สอง $\left[\frac{1}{2}V_{m.}I_m\cos(2\omega t+\theta v+\theta i)\right]$ จะเป็นสัญญาณไซน์ที่มีค่าความถี่เป็น 2 เท่าของสัญญาณจากแหล่งจ่าย เมื่อนำสมการกำลังงานไฟฟ้าชั่วขณะมาพล็อตสัญญาณจะได้ดังภาพที่ (ซึ่งจะพบว่าสัญญาณกำลังงานไฟฟ้าชั่วขณะจะเป็นสัญญาณไซน์ที่มีค่าความถี่ 2 เท่าของแหล่งจ่าย (2ω) และระดับสัญญาณจะยกขึ้นจากระดับศูนย์ตามค่าคงที่ในเทอมแรกของสมการที่ (2)



ภาพที่ 2 สัญญาณกำลังงานไฟฟ้าชั่วขณะ ( )

2.5 กำลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย (Average Power) [1]

จากสัญญาณค่ากำลังงานไฟฟ้าชั่วขณะที่ได้ตาม ภาพที่ (นั้น สามารถนำมาหาค่าเฉลี่ยเพื่อให้สามารถได้ค่ากำลังงานไฟฟ้าที่เป็นตัวเลข เพื่อใช้ในการบอกค่ากำลังงานไฟฟ้าทางปฏิบัติได้โดยพิจารณาดังต่อไปนี้

$$P = \frac{1}{T}\int_0^T p(t)\,dt$$

$$P = \frac{1}{T}\int_0^T \left[\frac{1}{2}V_{m.}I_m\cos(\theta v-\theta i)+\frac{1}{2}V_{m.}I_m\cos(2\omega t+\theta v+\theta i)\right]dt$$

$$= \frac{1}{T}\int_0^T \frac{1}{2}V_{m.}I_m\cos(\theta v-\theta i)dt+\frac{1}{T}\int_0^T \frac{1}{2}V_{m.}I_m\cos(2\omega t+\theta v+\theta i)dt$$

$$= \frac{1}{2}V_{m.}I_m\cos(\theta v-\theta i)\frac{1}{T}\int_0^T dt+\frac{1}{2}V_{m.}I_m\frac{1}{T}\int_0^T \cos(2\omega t+\theta v+\theta i)dt$$

$$= \frac{1}{2}V_{m.}I_m\cos(\theta v-\theta i)+\frac{1}{2}V_{m.}I_m\frac{1}{T}\int_0^T \cos(2\omega t+\theta v+\theta i)dt$$

เทอม $\frac{1}{2}V_{m.}I_m\frac{1}{T}\int_0^T\cos(2\omega t+\theta v+\theta i)dt =$ เพราะเป็นการอินทิเกรตหาค่าเฉลี่ยฟังก์ชั่น cos ซึ่งจะมีค่าเป็นศูนย์ ดังนั้น

$$P = \frac{1}{2}V_{m.}I_m\cos(\theta v-\theta i) \qquad (\ )\ (\ )$$

2.6 กำลังไฟฟ้าในระบบไฟฟ้ากระแสสลับ [1]

การเปลี่ยนกระแสไฟฟ้าให้เป็นกำลังไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับนั้นจะทำให้เกิดค่ากำลังไฟฟ้าขึ้นมา 3 ค่าด้วยกันคือ

2.6.1 กำลังใช้งาน (Active Power)

กำลังแอกทีฟคือกำลังไฟฟ้าที่สามารถถูกใช้ในการเปลี่ยนรูปพลังงานและสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้จริง กำลังส่วนนี้มีหน่วยนับเป็น วัตต์ (W) ซึ่งใช้สัญลักษณ์ “ P ”

2.6.2 กำลังรีแอกทีฟ (Reactive Power)

กำลังรีแอก ทีฟคือกำลังที่ไม่ถูกใช้ในการเปลี่ยนรูปพลังงานจึงจัดเป็นกำลังไฟฟ้าที่ไม่พึงประสงค์ กำลังส่วนนี้มีหน่วยเป็น วาร์ (V A) ซึ่งใช้สัญลักษณ์ “ Q ”

2.6.3 กำลังปรากฏ (Apparent Power)

กำลังปรากฏคือค่ากำลังไฟฟ้าที่เกิดจากผลคูณของกระแสกับแรงดัน มีหน่วยเป็น โวลท์แอมป์ (V A) ซึ่งใช้สัญลักษณ์ “ S ”

2.7 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสกับกำลังไฟฟ้าในระบบกระแสสลับ 1 เฟส [1]

การหาค่ากำลังไฟฟ้าในระบบกระแสสลับ 1 เฟสนั้น สามารถหาได้จากความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของแรงดันระบบ (V โวลท์) ขนาดของกระแสที่โหลด หรือขนาดกระแสที่ไหลผ่านจุดที่ต้องการทราบค่ากำลังไฟฟ้า (I) และมุมต่างเฟสระหว่างแรงดันและกระแส θ โดยค่ากำลังไฟฟ้าจะมีค่าดังนี้

ค่ากำลังปรากฏ มีค่าตามสมการที่ 2 คือ

S (2)

ค่ากำลังเฉลี่ย มีค่าตามสมการที่ 2 คือ

$$P = VI\cos\theta = S\cos \quad (2\ )$$

ค่ากำลังรีแอกทีฟ มีค่าตามสมการที่ 2 คือ

$$Q = VI\sin\theta = S\sin\theta \quad (2\ )$$

และเมื่อนำสมการที่ 2 หารด้วยสมการ 2 จะได้

$$\tan\theta = \frac{Q}{P} = \frac{S\sin\theta}{S\cos\theta} \quad (2\ )$$

ดังนั้นจะได้ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรีแอกทีฟกับกำลังเฉลี่ยเป็น

$$Q = P\tan\theta \quad (2\ )$$

2.8 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสกับกำลังไฟฟ้าในระบบกระแสสลับ 3 เฟส [1]

การหาค่ากำลังไฟฟ้าในระบบกระแสสลับ 3 เฟสนั้น สามารถหาได้จากความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของแรงดันระบบ (V โวลท์) ขนาดของกระแสที่โหลด หรือขนาดกระแสที่ไหลผ่านจุดที่ต้องการทราบค่ากำลังไฟฟ้า (I) และมุมต่างเฟสระหว่างแรงดันและกระแส (θ) โดยค่ากำลังไฟฟ้าจะมีค่าดังนี้

ค่ากำลังปรากฏ มีค่าตามสมการที่ 2 คือ

$$S = \sqrt{3}VI \qquad (2\ )$$

ค่ากำลังเฉลี่ย มีค่าตามสมการที่ 2 คือ

$$P = \sqrt{3}VI\cos\theta = S\cos\theta \qquad (2\ )$$

ค่ากำลังรีแอกทีฟมีค่าตามสมการที่ 2 คือ

$$Q = \sqrt{3}VI\sin\theta = S\sin\theta \qquad (2\ )$$

และเมื่อนำสมการที่ 2 หารด้วยสมการ 2 จะได้

$$\tan\theta = \frac{Q}{P} = \frac{S\sin\theta}{S\cos\theta} \qquad (\ )$$

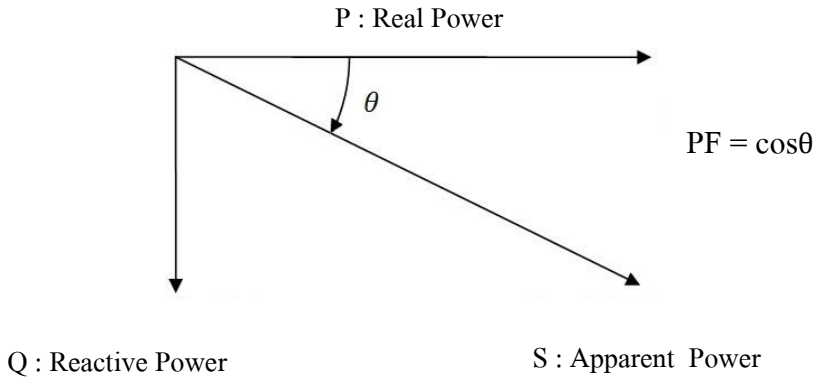
ดังนั้นจะได้ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรีแอกทีฟกับกำลังเฉลี่ยเป็น

$$Q = P\tan\theta \qquad (2\ )$$

2.9 ค่าตัวประกอบกำลัง [1]

จากสมการ 2 และ 2 จะเห็นได้ว่ากำลังเฉลี่ยซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้จริงจะมีค่าสูงสุดได้ไม่เกินค่ากำลังปรากฏและจะมีค่าต่ำสุดได้เท่ากั บศูนย์ และถ้าหากค่ากำลังเฉลี่ยมีค่าเท่ากับค่ากำลังปรากฏ แสดงว่ากระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้โหลดจะถูกใช้เป็นประโยชน์ได้ทั้งหมด แต่ถ้ากำลังเฉลี่ยน้อยกว่าค่ากำลังปรากฏ ก็แสดงว่ากระแสที่จ่ายให้โหลดถูกใช้เป็นประโยชน์ได้เพียงบางส่วนเท่านั้น ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังเฉลี่ยกับกำลังปรากฏ จะขึ้นอยู่กับค่า cos ของมุมต่างเฟสระหว่างกระแสกับแรงดันเป็นสำคัญ หรือขึ้นอยู่กับค่า $\cos\theta$ ในสมการที่ 2 กับ 2 นั่นเอง และจากสมการทั้งสองจะทำให้ได้ค่า $\cos\theta$ เท่ากับอัตราส่วนระหว่างค่ากำลังเฉลี่ยกับค่ากำลังปรากฏ ซึ่งเรียกอัตราส่วนระหว่างค่ากำลังเฉลี่ยกับค่ากำลังปรากฏนี้ว่า ค่าตัวประกอบกำลั ง (P o w e r) โดยมีค่าตามสมการที่ 2 คือ

$$\text{Power Factor} = \frac{P}{S} = \cos\theta \qquad (2\ )$$



ภาพที่ 2 การเกิดตัวประกอบกำลังในระบบไฟฟ้า

2.10 การวัดกำลังไฟฟ้า (Power Measurement) [1]

เครื่องมือวัดกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยที่ส่งให้กับโหลดเรียกว่า วัตต์มิเตอร์เครื่องมือวัดนี้ประกอบไปด้วยขดลวด 2 ชุดชุดหนึ่งมีความต้านทานสูงเรียกว่าขดลวดแรงดัน (ซึ่งจะต่อขนานกับโหลดเวลานำมาใช้งานอีกชุดหนึ่งเป็นขดลวดกระแส (มีความต้านทานต่ำและไม่สามารถเคลื่อนที่ได้จะต่ออนุกรมกับโหลดเวลาใช้งานดังนั้นเครื่องวัดจะมีขั้ว 4 ขั้วสำหรับวัดกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับโหลดขดลวดกระแสจะตอบสนองกับกระแสของวงจรและขดลวดแรงดันจะตอบสนองกับแรงดันในอุดมคติแล้วแรงดันที่ตกคร่อมขดลวดกระแสจะเป็นศูนย์และกระแสที่ไหลผ่านขดลวดแรงดันก็เป็นศูนย์ด้วย จึงจะทำให้เครื่องวัดไม่มีอิทธิพลต่อการวัดค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยนี้

2.11 คุณภาพกำลังไฟฟ้า (Power Quality) [2][3][4]

คุณภาพกำลังไฟฟ้า หมายถึง ลักษณะของกระแส แรงดันและความถี่ของแหล่งจ่ายไฟฟ้าในสภาวะปกติที่ไม่ทำให้อุปกรณ์ หรือเครื่องใช้ไฟฟ้ามีการทำงานผิดพลาดหรือเสียหาย ในปัจจุบันเรื่องคุณภาพกำลังไฟฟ้าเป็นที่น่าสนใจและนำมาพิจารณากันมาก เนื่องจากกระบวนการผลิตของภาคอุสาหกรรมมีการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีเทคโนโลยีสูงซึ่งมีความไวในการตอบสนองต่อคุณภาพกำลังไฟฟ้ามากกว่าในอดีต โดยเฉพาะการใช้อุปกรณ์ประเภทอิเล็กทรอนิคส์เพิ่มมากขึ้น เพื่อใช้ในการปรับหรือเพิ่มประสิทธิภาพของระบบไฟฟ้า เช่นการต่อตัวเก็บประจุ (Capacitor Banks) ซึ่งจะทำให้เกิดฮาร์มอนิกส์ที่สูงมากขึ้นในระบบไฟฟ้า ในปัจจุบันระบบไฟฟ้ามีการต่อการเชื่อมโยงถึงกันหากส่วนใดส่วนหนึ่งของระบบเกิดมีปัญหาหรือจ่ายฮาร์มอนิกส์เข้าสู่ระบบจะทำให้อุปกรณ์หรือระบบไฟฟ้าข้างเคียงได้รับผลกระทบด้วย ผู้ใช้ไฟฟ้าได้ทราบถึงเรื่องของคุณภาพไฟฟ้ากันมากขึ้นเพราะมีผลกระทบต่อการทำงานที่เป็นอยู่ คุณภาพไฟฟ้าที่เสียไปจะทำให้ลักษณะของรูปคลื่นกระแส แรงดันตลอดจนความถี่ของระบบไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงไป จะเป็นผลทำให้อุปกรณ์ไฟฟ้า หรือโหลดไม่สามารถทำงานได้อย่างปกติ หรือ อาจเกิดปัญหาทำให้ปกรณ์ไฟฟ้า หรือโหลดเสียหายได้ สาเหตุที่คุณภาพไฟฟ้าเสียไปเกิดได้จากหลายสาเหตุการเกิดสภาวะความผิดพร่องทางไฟฟ้าในระบบส่งไฟฟ้าและระบบจำหน่ายของการไฟฟ้า การกระทำสับหรือปลดอุปกรณ์ในระบบฟ้าการใช้งานอุปกรณ์ที่ไม่เป็นเชิงเส้นในระบบอุสาหกรรม ตามมาตรฐานสากล IEEE1159-1995 ให้ความหมายของคุณภาพกำลังไฟฟ้า คือ คุณลักษณะกระแส แรงดัน และ

ความถี่ของแหล่งจ่ายไฟฟ้าในสภาวะปกติไม่ทำให้อุปกรณ์ไฟฟ้ามีการทำงานผิดพลาดหรือเสียหาย

2.11.1 การตรวจวัดทางไฟฟ้า

เครื่องมือตรวจวัดไฟฟ้าจะถูกติดตั้งที่ตำแหน่งที่กำหนดในขั้นตอนการวางแผนและการสำรวจ ตามปกติการพิจารณาคุณภาพไฟฟ้าโดยรวมในโรงงานจะตั้งเครื่องวัดที่จุดรับไฟจากการไฟฟ้า ถ้าเป็นการแก้ไขปัญหาคุณภาพไฟฟ้าสำหรับอุปกรณ์ตัวเดียว จะตั้งเครื่องวัดใกล้ตำแหน่งโหลดมากที่สุด ส่วนการดูว่ามีปัญาคุณภาพไฟฟ้าหรือไม่ ให้ทำการตรวจวัดแรงดัน ถ้าต้องการตรวจหาสาเหตุด้วยก็ตรวจวัดทั้งกระแสและแรงดัน ลักษณะการตรวจมี 3 แบบ

- วัดรูปคลื่นแรงดันและกระแสเพื่อดูขนาดละรูปร่างคลื่น
- วัดแบบต่อเนื่องเพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงและสังเกตุการณ์ต่างๆ
- ตรวจจัดเป็นเหตุการณ์ๆไป เมื่อมีความผิดปกติเกิดขึ้น

2.11.2 การวิเคราะห์ข้อมูลการตรวจสอบและผลการวัด

การที่จะทราบถึงปัญหาและสาเหตุที่แท้จริงสิ่งสำคัญคือ การวิเคราะห์ข้อมูลอย่างเป็นระบบ อันดับแรกคือ การดูเหตุการณ์สัญญาณไฟต่างๆ ที่วัดได้ในช่วงเวลาที่อุปกรณ์เครื่องใช้มีปัญหา อันดับถัดมาคือ มีเหตุการณ์ใดที่วัดได้เกินกว่าสมรรถภาพของอุปกรณ์ที่มีปัญหาจะทนทานได้ รวมถึงพิจารณาผลการวัดที่เป็นเหตุการณ์ผิดปกติหรือรุนแรงที่เบี่ยงเบนไปจากภาวะปกติด้วย แล้วหาความเกี่ยวพันกันระหว่างปัญหาที่พบในระหว่างการสำรวจสถานที่กับลักษณะอาการของอุปกรณ์นอกเหนือจากนี้ยังมีสิ่งที่ควรดำเนินการคือ

- เปรียบเทียบเหตุการณ์ทางไฟฟ้ากับการบันทึกเหตุการณ์ของอุปกรณ์
- คัดแยกเหตุการณ์สำคัญที่บันทึกจากเครื่องวัดที่อาจเป็นสาเหตุให้อุปกรณ์ขัดข้อง
- จำแนกเหตุการณ์บันทึกจากเครื่องวัดจัดเป็นกลุ่มประเภทเดียวกันเพื่อง่ายต่อการวิเคราะห์
-หาความเชื่อมโยงกันของข้อมูลที่วัดกับลักษณะอาการของอุปกรณ์
- ระบุสาเหตุและประเภทคุณภาพไฟฟ้า เช่น แรงดันตกชั่วขณะ ไฟดับ ฮาร์มอนิกส์ แรงดันกระเพื่อม แรงดันเกินแรงดันตก ทรานเซียนต์ เป็นต้น

การเปลี่ยนค่าแรงดันที่มีระยะเวลาการเปลี่ยนแปลงค่าไม่เกิน 1 นาทีมีสาเหตุส่วนใหญ่เกิดจากสภาวะความผิดพร่องทางไฟฟ้าทำให้เกิดแรงดันตก (Voltage Sag หรือ Voltage Div) แรงดันเกิน (Voltage Swell) และไฟดับ (Interruptions) ตามมาตรฐาน IEEE 1159-1995 มีการเรียกชื่อแรงดัน

ดังกล่าวตามระยะเวลาที่เกิดขึ้น ทันทีทันใด (Instantaneous) ชั่วขณะ (Momentary)และชั่วครู่ (Temporary) ตามตารางที่ 2.1 และ 2.2

ตารางที่ 2.1 แสดงค่ามาตรฐาน IEEE 1159-1995

แรงดันตก แรงดันเกิน(Voltage Swell)		
Instantaneous	**Momentary**	**Temporary**
10 ms - 1 sec	1 sec - 3sec	3 sec - 1 min

ตารางที่ 2.2 แสดงค่ามาตรฐาน IEEE 1159-1995

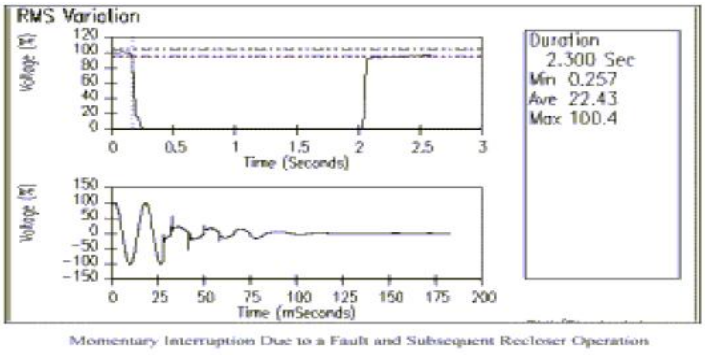
เกิดขึ้นทันทีทันใด(Instantaneous)	
Momentary	**Temporary**
10 ms - 3 sec	3 sec - 1 min

ตารางที่ 2.3 แสดงค่ามาตรฐานแรงดัน

พิกัดแรงดันปกติ	สภาวะปกติ		สภาวะฉุกเฉิน	
	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด
69kV,115kV	+5%	-5%	+10%	-10%
22kV,33kV	+5%	-5%	+10%	-10%
380V	+10%	-10%	+10%	-10%
220V	+10%	-10%	+10%	-10%

2.11.3 ไฟฟ้าดับ (Voltage Interruption)

เป็นสภาวะที่แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าหยุดจ่ายกำลังงานทำให้ไม่มีแรงดันจ่ายให้กับผู้ใช้ไฟฟ้ามีค่าลดลงเป็นศูนย์ ในช่วงเวลาเกินกว่า 1นาที โดยอาจจะมีสาเหตุเกิดมาจากแหล่งจ่ายกำลังงานได้รับความเสียหายหรือมีการผิดพร่องในระบบส่งไฟฟ้าทำให้อุปกรณ์ป้องกันมีการตัดวงจรแหล่งจ่ายไฟออกถาวร

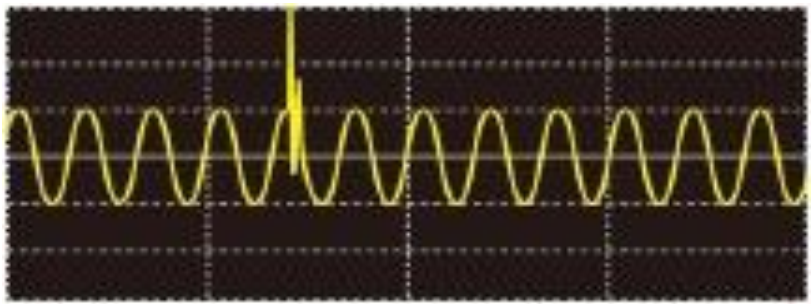


Momentary Interruption Due to a Fault and Subsequent Recloser Operation

ภาพที่ 2.5 รูปคลื่นของแรงดันไฟฟ้าดับ

2.11.4 แรงดันเกินทรานเซียนต์

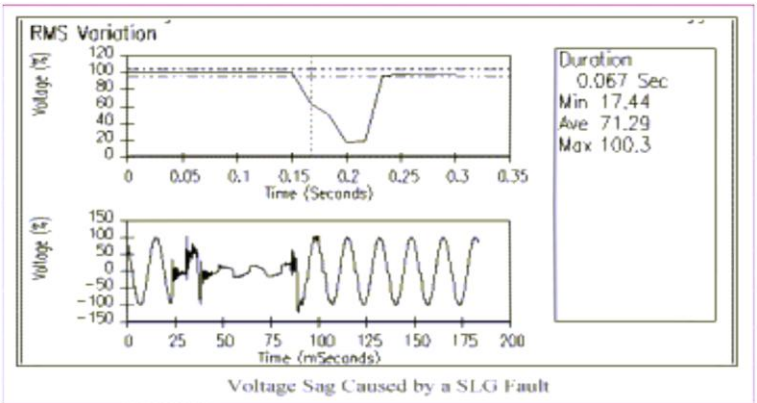
สภาวะไฟฟ้ากระชากเป็นสภาวะที่แรงดันสูงทันที มีขนาดเพิ่มขึ้นระหว่าง 110-120% มักมีสาเหตุมาจากปรากฏการณ์ธรรมชาติ เช่น ฟ้าผ่า การสับหรือปลดอุปกรณ์ตัวเก็บประจุ หรือ รีแอ็กเตอร์ในระบบไฟฟ้า



ภาพที่ 2 รูปคลื่นของแรงดันเกินทรานเซียนต์

2.11.5 แรงดันตกชั่วขณะ

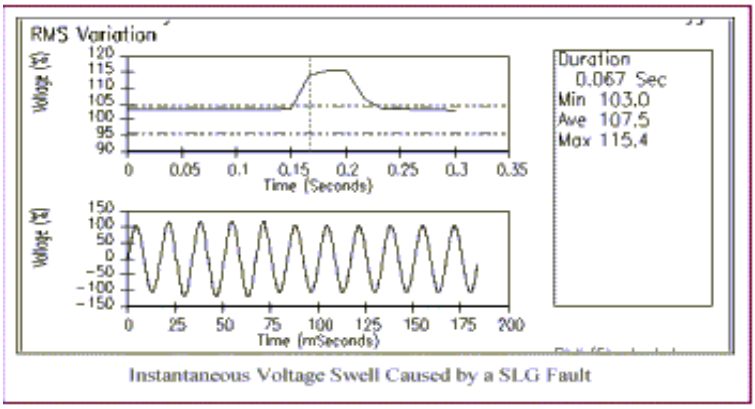
คือค่าแรงดันมีขนาดลดลงระหว่าง 1 -9 ของแรงดันปกติในช่วงเวลาระหว่าง 1 มิลวินาที ถึง 1 นาที ซึ่งอาจจะเกิดจากการใช้งานมอเตอร์ขนาดใหญ่หรือเกิดความผิดพร่องทางไฟฟ้าดังภาพที่ 2 ทำให้แรงดันมีค่าลดลงเหลือ 2 ของแรงดันปกติ



ภาพที่ 2.7 แรงดันตกชั่วขณะ

2.11.6 แรงดันเกินชั่วขณะ

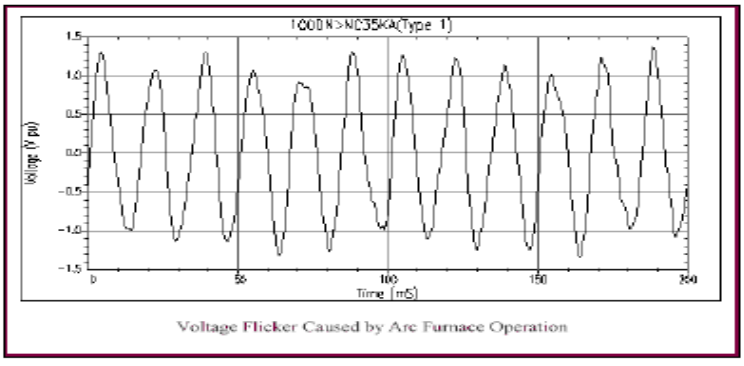
คือค่าแรงดันมีขนาดเพิ่มขึ้นระหว่าง 1 -1 ของแรงดันปกติในช่วงเวลาระหว่าง 1 มิลลิวินาที ถึง 1 นาที ซึ่งอาจจะเกิดจากการปลดโหลดขนาดใหญ่ออกจากระบบหรือมีการต่อ คาปาซิเตอร์ขนาดใหญ่เข้าระบบผลทำให้อุปกรณ์ได้รับความเสียหาย



ภาพที่ 2.8 แรงดันเกินชั่วขณะ

2.11.7 แรงดันกระเพื่อม

คือการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องของค่าแรงดันมีขนาดไม่เกินช่วงแรงดัน 90-105% เป็นผลเกิดจากการใช้อุปกรณ์ประเภทเตาหลอมแบบอาร์คทำให้เกิดไฟกระพริบที่หลอดไฟและอาจส่งผลกระทบต่ออุปกรณ์ในระบบถ้ามีการเปลี่ยนแปลงของแรงดันมาก



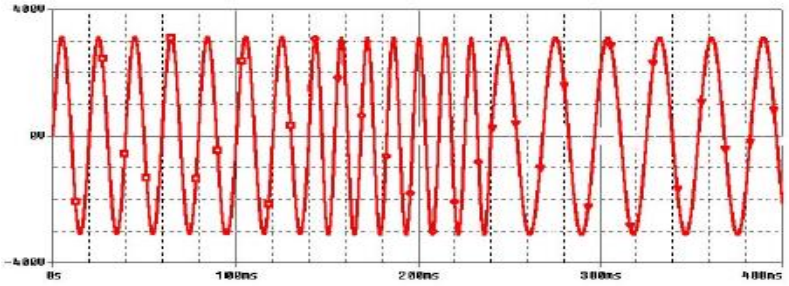
ภาพที่ 2.9 แรงดันกระเพื่อม

ตารางที่ 2.4 แสดงค่าความรุนแรงของไฟกระพริบ

แรงดันที่จุดต่อร่วม	Pst.	Plt.
115 kV หรือต่ำกว่า	1.0	0.8
มากกว่า 115 kV	0.8	0.6

2.11.8 การเปลี่ยนแปลงความถี่

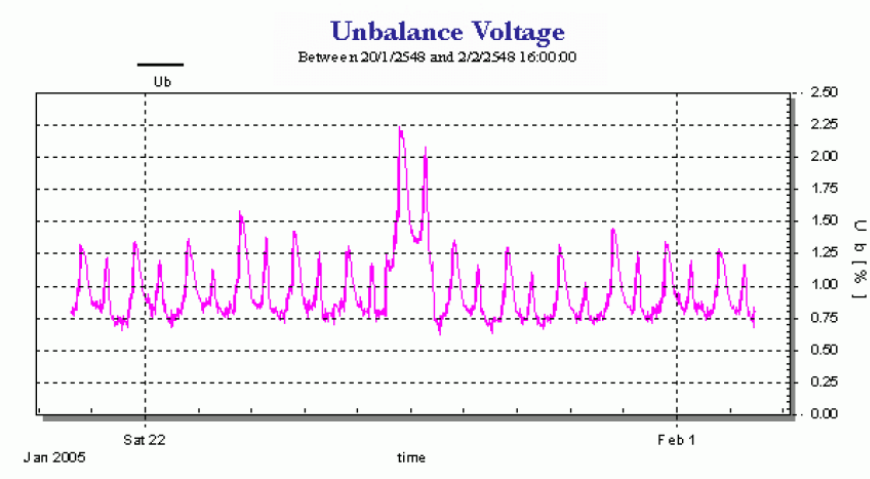
คือปรากฏการณ์ที่ความถี่ของระบบไฟฟ้ามีค่าเปลี่ยนแปลงไปจากความถี่ปรกติ 50 Hz หรือมีค่าการเปลี่ยนแปลงความถี่ได้ไม่เกิน ±5% เป็นผลเกิดจากการทำงานผิดพลาดของ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดใหญ่หรือมีการหลุดออกจากระบบ ทำให้มีผลกระทบต่อการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีการทำงานสัมพันธ์กับความถี่ระบบไฟฟ้า เช่น เครื่องจักรกลไฟฟ้า



ภาพที่ 2.10 การเปลี่ยนแปลงความถี่

2.11.9 แรงดันไม่สมดุล

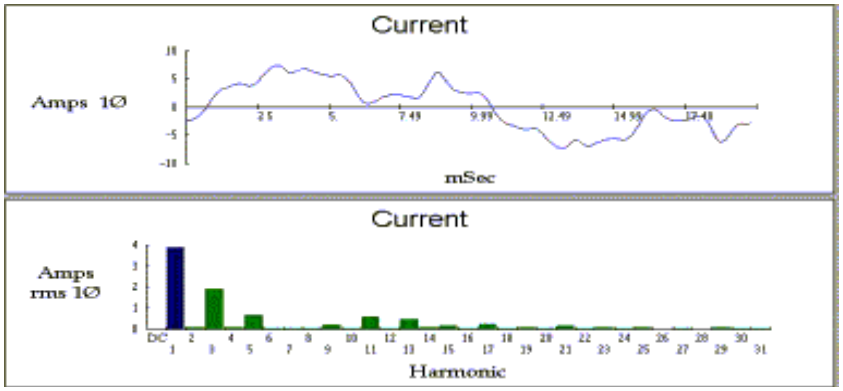
แรงดันไม่สมดุลเกิดจากการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าแบบเฟสเดียวจำนวนมากในระบบไฟฟ้าสามเฟส โดยไม่มีการจัดความสมดุล เป็นผลให้กระแสที่ไหลในแต่ละเฟสมีค่าไม่เท่ากัน จึงทำให้ปริมาณแรงดันที่ตกคร่อมค่าความต้านทานของสายตัวนำในแต่ละเฟสมีค่าไม่เท่ากันตามไปด้วย ความไม่สมดุลของแรงดันไฟฟ้าจึงเกิดขึ้น นอกจากนั้นแล้วจุดต่อไฟฟ้าที่หลวมการจัดวางสายตัวนำแบบกลุ่มและในท่อโลหะในระบบสามเฟสที่ไม่ถูกต้องหรือไม่เป็นไปตามมาตรฐานก็สามารถทำให้เกิดปัญหาแรงดันไม่สมดุลขึ้นได้เช่นกัน ซึ่งค่าแรงดันไม่สมดุลจะต้องมีค่าไม่เกิน 2% หรือมีมุมเปลี่ยนไปจาก 120 องศา ผลทำให้อุปกรณ์เช่นมอเตอร์หม้อแปลงไฟฟ้ามีอายุการใช้งานน้อยลงเนื่องจากผลความร้อนที่เกิดขึ้น



ภาพที่ 2.11 แรงดันไม่สมดุล

2.11.10 ค่าแรงดันและกระแสไฟฟ้าฮาร์มอนิกส์

คือส่วนประกอบในรูปสัญญาณคลื่นไซน์ ซึ่งมีความถี่เป็นจำนวนเต็มเท่าของความถี่หลักมูล(ในระบบไฟฟ้าเรามีค่า 50 Hz) เช่น ฮาร์มอนิกส์ลำดับที่ 3 มีค่าความถี่เป็น 150 Hz ฮาร์มอนิกส์ลำดับที่ 5 มีค่าความถี่เป็น 250 Hz ผลของฮาร์มอนิกส์เมื่อรวมกันกับสัญญาณความถี่หลักมูลทำให้สัญญาณที่เกิดขึ้นมีขนาดเปลี่ยนไปและมีรูปสัญญาณเพี้ยนไปจากสัญญาณคลื่นไซน์ ทำให้อุปกรณ์ในระบบไฟฟ้ามีการทำงาน ผิดพลาด และถ้ามีการขยายของฮาร์มอนิกที่มีขนาดมากพออาจจะทำให้อุปกรณ์เกิดการชำรุดขึ้นได้



ภาพที่ 2.12 กระแสไฟฟ้าฮาร์มอนิกส์

ตารางที่ 2.5 ขีดจำกัดความเพี้ยนของแรงดันฮาร์มอนิกส์ ตามมาตรฐาน IEEE 519

ระดับแรงดันไฟฟ้าที่จุดต่อร่วม (KV)	**ค่าความเพี้ยนฮาร์มอนิกส์รวมของแรงดัน (%THDv)**	**ค่าความเพี้ยนฮาร์มอนิกส์รวมของแรงดันแต่ละอันดับ(%THDv)**	
		อับดับคี่	**อันดับคู่**
0-400	5	4	2
11, 12, 24	4	3	1.75
33	3	2	1
69	2.45	1.63	0.82
115	1.5	1	0.5