ระบบล่อฟ้าแรงต่ำ

หัวข้อเรื่อง

5.1 กระบวนการที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์ฟ้าผ่า

5.2 ความผิดปกติของแรงดันไฟฟ้าแบบต่างๆ

5.3 วัสดุอุปกรณ์สำหรับการติดตั้งในระบบล่อฟ้าแรงต่ำ

5.4 การออกแบบและติดตั้งหลักล่อฟ้าสำหรับอาคารประเภทต่างๆ

5.5 การป้องกันเสิร์จสำหรับระบบไฟฟ้า

สาระสำคัญ

ฟ้าผ่าเป็นปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นในบรรยากาศอันเป็นผลมาจากการคายประจุ หรือการดิสชาร์จประจุที่สะสมอยู่ในก้อนเมฆ ทำให้เกิดปรากฏการณ์ต่างๆ เช่น ความร้อน แรงบิดหรือแรงระเบิด คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และเกิดแรงดันไฟฟ้าชั่วขณะ (Transient Over Voltage) สร้างความเสียหายให้กับอาคาร สิ่งปลูกสร้าง หรือแม้แต่อุปกรณ์เครื่องมือเครื่องใช้ไฟฟ้า หากไม่มีการป้องกันที่ดีอาจจะทำให้เกิดการสูญเสียแก่ชีวิตและทรัพย์สินได้

ระบบล่อฟ้าจะประกอบไปด้วย หัวล่อฟ้า สายตัวนำลงดิน และกราวด์ระบบล่อฟ้า การเลือกใช้อุปกรณ์ วิธีการติดตั้งที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ สภาพของอาคารหรือสิ่งปลูกสร้าง และการติดตั้งที่ถูกต้องตามหลักการสิ่งเหล่าเป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับการสร้างระบบล่อฟ้าที่ดี มีประสิทธิภาพในการจัดการกับปรากฏการณ์ที่เกิดจากฟ้าผ่า และยังสามารถป้องกันความเสียหายไม่ให้เกิดขึ้นได้เป็นอย่างดี

สมรรถนะประจำหน่วยการเรียนรู้

เลือกใช้อุปกรณ์และวิธีการติดตั้งระบบล่อฟ้าแรงต่ำที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่หรือสิ่งปลูกสร้าง

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. จุดประสงค์ทั่วไป

1.1 เพื่อให้มีความรู้เกี่ยวกับกระบวนการที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์ฟ้าผ่า

1.2 เพื่อให้มีความรู้เกี่ยวกับความผิดปกติของแรงดันไฟฟ้าแบบต่างๆ

1.3 เพื่อให้มีความรู้เกี่ยวกับวัสดุอุปกรณ์สำหรับการติดตั้งในระบบล่อฟ้าแรงต่ำ

1.4 เพื่อให้มีความรู้เกี่ยวกับการออกแบบและติดตั้งหลักล่อฟ้าสำหรับอาคารประเภทต่างๆ

1.5 เพื่อให้มีความรู้เกี่ยวกับการป้องกันเสิร์จสำหรับระบบไฟฟ้า

2. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

2.1 อธิบายกระบวนการที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์ฟ้าผ่าได้

2.2 ระบุความผิดปกติของแรงดันไฟฟ้าแบบต่างๆ ได้

2.3 เลือกวัสดุอุปกรณ์สำหรับการติดตั้งในระบบล่อฟ้าแรงต่ำได้

2.4 ออกแบบและอธิบายวิธีติดตั้งหลักล่อฟ้าสำหรับอาคารประเภทต่างๆ ได้

2.5 อธิบายเสิร์จที่เกิดขึ้นในระบบไฟฟ้าและเลือกอุปกรณ์ป้องกันเสิร์จได้

ระบบล่อฟ้าแรงต่ำ

5.1 กระบวนการพื้นฐานที่ทำให้เกิดปรากฏการฟ้าผ่า

5.1.1. ความหมายของฟ้าผ่า

ฟ้าผ่าเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในบรรยากาศอันเกิดจากการคายประจุไฟฟ้าที่สะสมในก้อนเมฆ เพียงแต่การเกิดฟ้าผ่าไม่ต้องมีแท่งตัวนำ การสะสมของประจุที่มีขั้วต่างกันเป็นผลทำให้เกิดสนามไฟฟ้าระหว่างกลุ่มประจุเหล่านั้น เมื่อประจุมีการสะสมจำนวนมากทำให้ความเครียดสนามไฟฟ้าเพิ่มสูงขึ้นเกินค่าความคงทนของอากาศต่อแรงดันไฟฟ้า ทำให้เกิดการคายประจุขึ้นอันเป็นจุดกำเนิดของการเกิดฟ้าผ่าขึ้น การคายประจุอาจเกิดขึ้นระหว่างก้อนเมฆ หรือ ระหว่างก้อนเมฆกับพื้นโลก ซึ่งเรียกปรากฏการณ์นี้ว่าฟ้าผ่า และบางทีอาจจะมาพร้อมกับพายุ ซึ่งฟ้าผ่าระหว่างพื้นโลกกับก้อนเมฆจะทำให้เกิดความเสียหายต่อชีวิต ทรัพย์สิน และสิ่งปลูกสร้างบนพื้นโลกฟ้าผ่าชนิดนี้จึงมีผลกระทบต่อการดารงชีวิตของมนุษย์มากที่สุด

การถ่ายเทประจุไฟฟ้าจำนวนมากจากก้อนเมฆลงสู่พื้นโลก เราเรียกว่าวาบฟ้าผ่า (Lightning Flash) ตามปกติแล้วจะประกอบไปด้วยลำฟ้าผ่าหลายๆ ลำแสงซึ่งถ่ายเทประจุจำนวนมากลงสู่พื้นโลก กระแสยอดของลำฟ้าผ่าจะมีค่าอยู่ในช่วง 5-300 กิโลแอมแปร์ (KA) ลำฟ้าผ่าหนึ่งๆ จะมีช่วงเวลา 20-50 ไมโครวินาที (μs) ลำฟ้าผ่าแต่ละลำจะทิ้งช่วงเวลาห่างกัน 20-100 มิลลิวินาที (mS) วาบฟ้าผ่ามักจะประกอบไปด้วยลำฟ้าผ่า 2-3 ลำ แต่อาจจะมีลำฟ้าผ่าได้ตั้งแต่ 1-20 ลำเราเรียกจำนวนลำฟ้าผ่าในวาบฟ้าผ่าว่า จำนวนการผ่าซ้ำ (Multiplicity) ในวาบฟ้าผ่าส่วนใหญ่ลำฟ้าผ่าที่เกิดขึ้นหลังจากฟ้าผ่าแรกจะ

รูปที่ 5.1 ปรากฏการณ์ฟ้าผ่า[1]

[1] สืบค้นเมื่อ 20/10/58 https://goo.gl/izmWOV

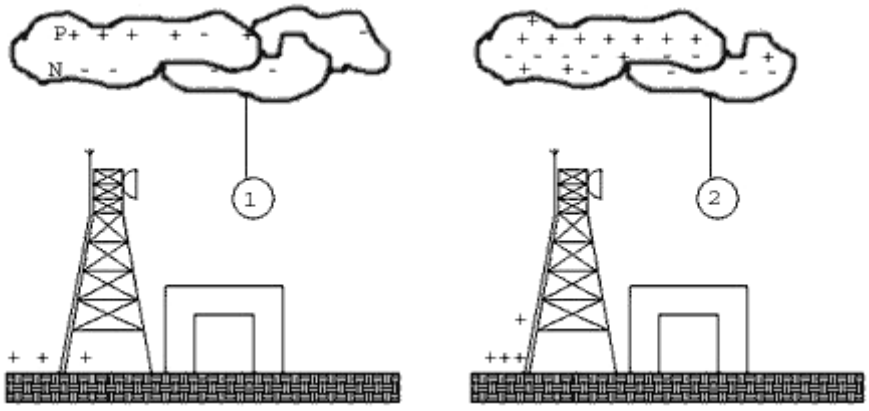
สัมผัสพื้นโลกที่จุดเดียวกับลำฟ้าผ่าแรก เนื่องจากเคลื่อนที่ผ่านแนวที่สร้างไว้โดยลำฟ้าผ่าแรก อย่างไรก็ตามประมาณหนึ่งในสามของวาบฟ้าผ่า จะประกอบด้วยลำฟ้าผ่าหลายลำ ที่สัมผัสพื้นโลกต่างจุดอาจจะห่างกันไม่กี่ร้อยเมตรจนถึงหลายกิโลเมตร ในทางปฏิบัตินักวิจัยได้กำหนดให้วาบฟ้าหนึ่งๆ ประกอบด้วยลำฟ้าผ่าจากก้อนเมฆลงสู่พื้นโลกที่เกิดขึ้นภายในระยะ 10 กิโลเมตร และเกิดขึ้นภายในระยะเวลา 1 วินาที ลักษณะฟ้าผ่าพื้นโลกจะเชื่อมโยงบริเวณ 2 แห่งที่มีประจุต่างกัน ฟ้าผ่ามีอย่างน้อย 4 แบบ คือ ฟ้าผ่าภายในก้อนเมฆ, ฟ้าผ่าจากเมฆก้อนหนึ่งไปยังเมฆอีกก้อนหนึ่ง, ฟ้าผ่าจากฐานเมฆลงสู่พื้น หรือฟ้าผ่าแบบลบ และฟ้าผ่าจากยอดเมฆลงสู่พื้น หรือฟ้าผ่าแบบบวก

ทั้งนี้ฟ้าผ่าในแบบผ่าภายในก้อนเมฆ และฟ้าผ่าจากเมฆก้อนหนึ่งไปยังเมฆอีกก้อนหนึ่ง จะทำให้เมฆเปล่งแสงกะพริบ ซึ่งเรียกว่า “ฟ้าแลบ” ส่วนฟ้าผ่าที่เป็นอันตรายต่อ คน สัตว์ และสิ่งต่าง ๆ ที่อยู่บนพื้น คือ ฟ้าผ่าแบบผ่าจากฐานเมฆลงสู่พื้น หรือฟ้าผ่าแบบลบ มีระยะผ่าลงบริเวณใต้เงาของเมฆฟ้าฝนคะนอง และแบบฟ้าผ่าจากยอดเมฆลงสู่พื้น หรือฟ้าผ่าแบบบวก สามารถผ่าได้ไกลออกไปจากก้อนเมฆถึง 30 กิโลเมตร ซึ่งลักษณะของฟ้าผ่าระหว่างก้อนเมฆกับพื้นโลกยังอธิบายได้ด้วยลักษณะดังต่อไปนี้ คือ ฟ้าผ่าขึ้นหรือฟ้าผ่าลง, ขั้วของกระแสฟ้าผ่า เป็นบวกหรือเป็นลบ, รูปคลื่นกระแสฟ้าผ่า, ขนาดของกระแสฟ้าผ่า และจำนวนครั้งฟ้าผ่าต่อเนื่อง

ผลของฟ้าผ่าที่ก่อให้เกิดความเสียหายหรืออันตราย อาจแยกได้เป็น 3 ประเภท คือ ความร้อนอันเป็นผลทำให้เกิดเพลิงไหม้แก่สิ่งมีชีวิต, แรงกลหรือแรงระเบิด ฟ้าผ่าอาจทำให้เกิดแรงระเบิดได้มากมายเป็นผลทำให้สิ่งที่ถูกผ่าพังทลาย, ผลทางไฟฟ้าเป็นอันตรายแก่ทั้งชีวิตคนและสัตว์

5.1.2 กระบวนการเกิดฟ้าผ่า

ฟ้าผ่าเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ โดยเริ่มจากการก่อตัวของเมฆฟ้าผ่า (Cumulonimbus Cloud) ที่มีทั้งประจุบวกและลบอยู่ในก้อนเมฆ เมื่อการสะสมประจุมากขึ้นก็ทำให้



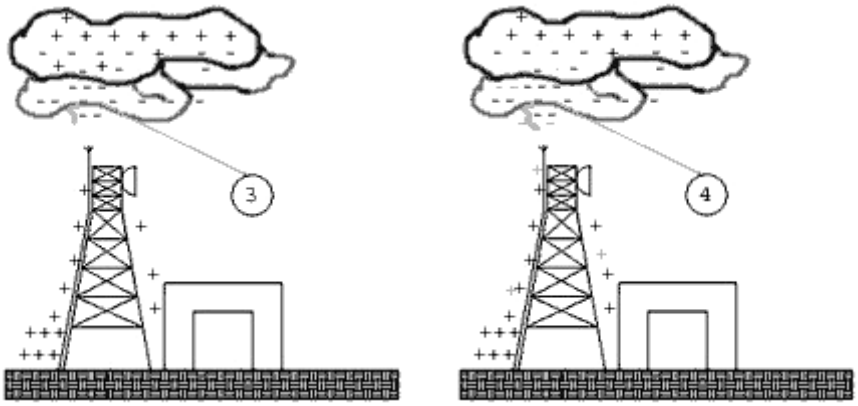
รูปที่ 5.2 ประจุเริ่มก่อตัว (ซ้าย) และการถ่ายเทประจุภายในก้อนเมฆ (ขวา)[2]

ศักดย์ไฟฟ้าระหว่างก้อนเมฆกับพื้นดินมีการพัฒนาเพิ่มสูงขึ้น จนถึงจุดสูงสุดที่ทำให้เกิดการถ่ายเทประจุไฟฟ้าปริมาณมหาศาลระหว่างก้อนเมฆกับพื้นดินที่เรียกว่าฟ้าผ่า กระบวนการดังกล่าวมีขั้นตอนดังนี้คือ

[2] สืบค้นเมื่อ 20/10/58 http://www.sci-tech-service.com/article/lightning/lightning.htm

1) การเริ่มก่อตัวของประจุไฟฟ้าทั้งประจุบวก (P) และประจุลบ (N) ภายในก้อนเมฆฟ้าผ่า ดังรูปที่ 5.2 (ซ้าย)

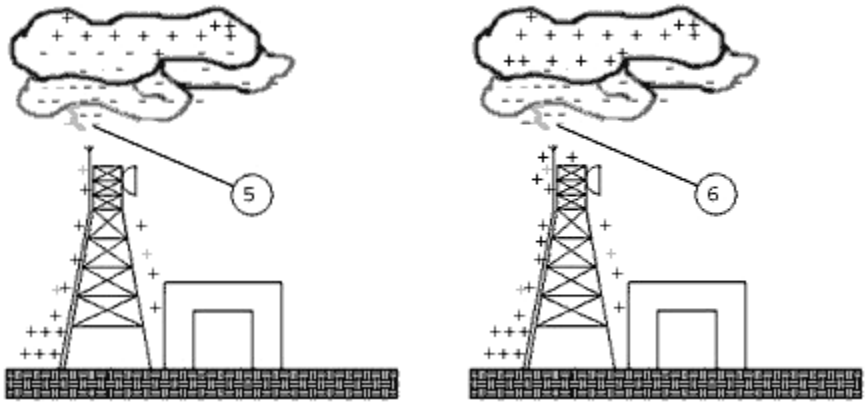
2) การถ่ายเทประจุบวกและลบภายในก้อนเมฆชั้นต่างๆ โดยชั้นที่ไม่เกิดความแปรปรวนจะแสดงศักย์ไฟฟ้าเป็นบวก ซึ่งชั้นที่อยู่ต่ำเกิดความแปรปรวนจะแสดงศักย์ไฟฟ้าเป็นลบ และเคลื่อนตัวต่ำลงตามแรงดึงดูดของโลก ดังรูปที่ 5.2 (ขวา)



รูปที่ 5.3 ฐานของก้อนเมฆเคลื่อนที่ต่ำลง และความต่างศักย์เพิ่มสูงขึ้น[3]

3) ฐานของก้อนเมฆที่แสดงศักย์ไฟฟ้าเป็นลบจะเคลื่อนตัวต่ำลงสู่พื้นดินที่มีศักย์ไฟฟ้าเป็นบวกมากกว่า ดังรูปที่ 5.3 (ซ้าย)

4) เมื่อก้อนเมฆเคลื่อนตัวลงต่ำจะทำให้เกิดความต่างศักย์ระหว่างก้อนเมฆกับพื้นดินเพิ่มสูงขึ้น ดังรูปที่ 5.3 (ขวา)



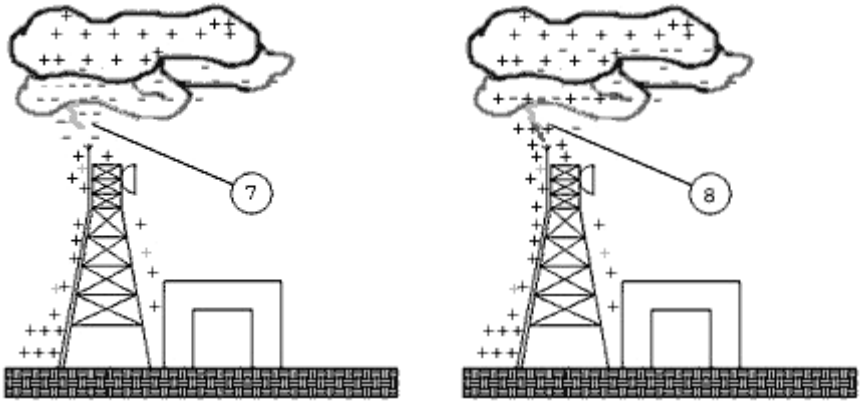
รูปที่ 5.4 step leader (ซ้าย) และ upward streamers (ขวา)[4]

5) เกิด step leader ขึ้น มีศักย์ไฟฟ้าเป็นลบเคลื่อนที่ลงสู่พื้นดินที่มีศักย์ไฟฟ้าเป็นบวก ดังรูปที่ 5.4 (ซ้าย)

[3,4] สืบค้นเมื่อ 20/10/58 http://www.sci-tech-service.com/article/lightning/lightning.htm

6) เกิด upward streamers ขึ้น มีศักย์ไฟฟ้าเป็นบวกเคลื่อนที่เข้าหา step leader ที่มีศักย์ไฟฟ้าเป็นลบ ดังรูปที่ 5.4 (ขวา)

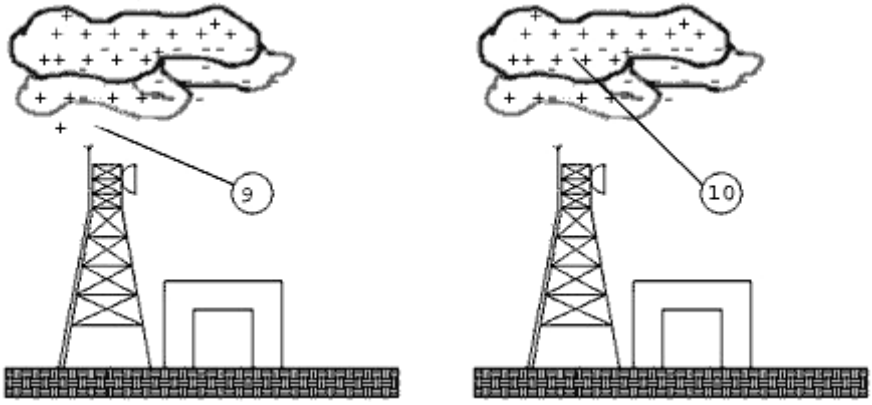
7) Step leader เคลื่อนที่ชนกับ upward streamers ทำให้เกิด lightning channel current ขึ้นและกระแสจะเริ่มไหล ดังรูปที่ 5.5 (ซ้าย)



รูปที่ 5.5 lightning channel current (ซ้าย) และ returns stroke[5]

8) ประจุบวกที่พื้นดินซึ่งมีจำนวนมากเคลื่อนที่ขึ้นสู่ก้อนเมฆที่มีประจุบวกน้อยกว่าเรียกกระบวนการนี้ว่า returns stroke ซึ่งจะมีกระแสไหล ดังรูปที่ 5.5 (ขวา)

9) ศักย์ไฟฟ้าบริเวณฐานก้อนเมฆจะพยายามถ่ายประจุเพื่อกลับสู่สภาวะสมดุลเราเรียกระบวนการนี้ว่า J & K phenomena ดังรูปที่ 5.6 (ซ้าย)



รูปที่ 5.6 J & K phenomena (ซ้าย) และ ถ่ายประจุลบมายังฐานก้อนเมฆ[6]

10) ศักย์ไฟฟ้าลบที่อยู่สูงกว่าจะส่งถ่ายประจุลบมายังฐานก้อนเมฆ ซึ่งแสดงศักย์ไฟฟ้าเป็นบวกมากกว่า ทำให้เกิดเป็นลำแสงที่เรียกว่า Dart leader ถ้าการส่งถ่ายยังเหลือศักย์ไฟฟ้าลบอยู่บริเวณฐานก้อนเมฆมีปริมาณมากเมื่อเทียบกับพื้นดินอาจจะทำให้เกิดฟ้าผ่าซ้ำได้ ดังรูปที่ 5.6 (ขวา)

[5,6] สืบค้นเมื่อ 20/10/58 http://www.sci-tech-service.com/article/lightning/lightning.htm

5.2 ความผิดปกติของแรงดันไฟฟ้าแบบต่างๆ

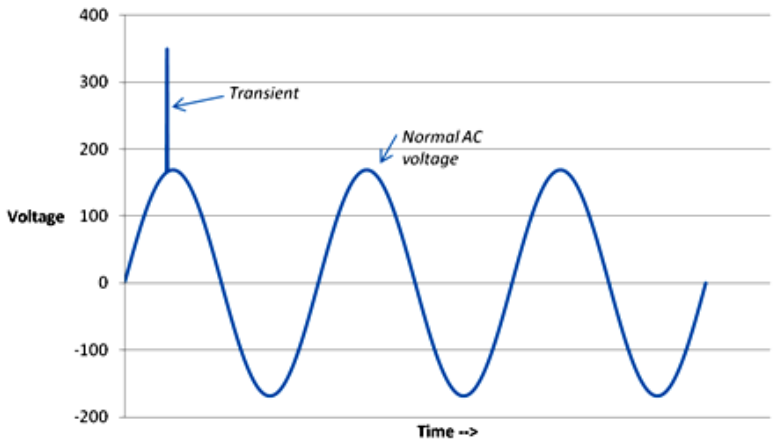
ความผิดปกติที่เกิดขึ้นในระบบไฟฟ้ามีมากมายแต่ละรูปแบบก็มีชื่อเรียกเฉพาะที่ต่างกันออกไป ซึ่งพอสรุปได้ดังนี้

5.2.1 ความผิดปกติที่เกิดขึ้นในชั่วพริบตา (Transients)

ความผิดปกติที่เกิดขึ้นในชั่วพริบตาจะเป็นความเปลี่ยนแปลงของปริมาณทางไฟฟ้า เช่น แรงดัน, กระแส, ความถี่ เป็นต้น ซึ่งเกิดขึ้นแล้วหายไปอย่างรวดเร็วมาก ดังรูปที่ 5.7 แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ ดังนี้

1) Impulsive Transient เป็นการเปลี่ยนแปลงของกระแส หรือแรงดันใน ทิศทางใดทิศทางหนึ่งเท่านั้น เช่น ฟ้าผ่าทำให้เกิดกระแสจำนวนมากแล้วหายไป อาจจะกล่าวได้ว่าเป็นปรากฏการณ์ของเสิร์จ (surge)

2) Oscillatory Transient เป็นการเปลี่ยนแปลงของกระแส หรือแรงดันทั้ง 2 ทิศทาง เช่น การสับคาปาซิเตอร์ (Capacitor) เข้าในวงจรทำให้เกิดกระแสภาวะชั่วครู่แบบสั่น (Oscillatory Transient) ปริมาณมากในชั่วพริบตาแล้วหายไป



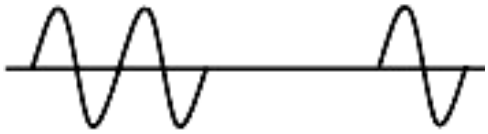
รูปที่ 5.7 ความผิดปกติของแรงดันที่เกิดขึ้นในชั่วพริบตา[7]

5.2.2 ความผิดปกติที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาสั้นๆ (Short Duration)

โดยทั่วไปหมายถึงการเปลี่ยนแปลงของแรงดันไฟฟ้า (rms) ที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาสั้นๆ มี 3 ลักษณะ ดังนี้

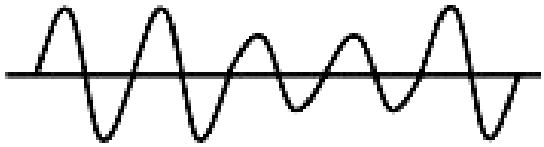
1) Interruption เป็นภาวะแรงดันมีค่าน้อยกว่า 1 pu. เช่น เกิดลัดวงจรไฟฟ้าจนแรงดันในระบบลดลงมากกว่า 90% เป็นเวลาไม่เกิน 1 นาที หลังจากที่ทำการ clear fault แล้วแรงดันไฟฟ้าก็จะกลับคืนเป็นปกติ ดังรูปที่ 5.8 อาจจะเรียกชื่อได้ว่าเป็นการเกิดไฟกระพริบ

[7] สืบค้นเมื่อ 21/10/58 http://www.acousticfrontiers.com/201348what-are-spikes-and-surges/



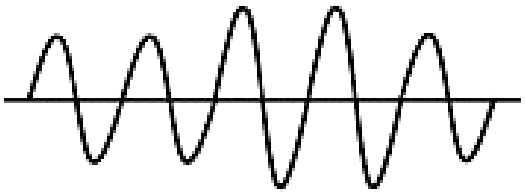
รูปที่ 5.8 ความผิดปกติแบบ Interruption[8]

2) Sags (Dips) เป็นภาวะแรงดันมีค่าระหว่าง 0.1 - 0.9 pu. เช่น มีการเริ่มเดินมอเตอร์ขนาดใหญ่ทำให้แรงดันลดลง 10 - 90% เป็นเวลาไม่เกิน 1 นาที แรงดันก็จะกลับมาเป็นปกติ หรือเกิดการลัดวงจรในสายส่งอื่นที่มาจากสถานีไฟฟ้าย่อยเดียวกันซึ่งจะส่งผลให้แรงดันในสายส่งที่ไม่ลัดวงจรลดลงด้วย อาจจะเรียกชื่อได้ว่าเป็นการเกิดไฟกระพริบ ดังรูปที่ 5.9



รูปที่ 5.9 ความผิดปกติแบบ Sags (Dips)[9]

3) Swells เป็นภาวะที่แรงดันหรือกระแสโหลดมีค่าระหว่าง 1.1 - 1.8 pu. เช่น การหยุดเดินมอเตอร์ขนาดใหญ่ หรือการต่อคาปาซิเตอร์ขนาดใหญ่เข้าระบบไฟฟ้า ทำให้แรงดันมีค่าสูงขึ้น 10 - 80% เป็นเวลาไม่เกิน 1 นาที ดังรูปที่ 5.10



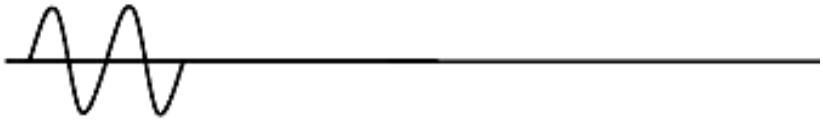
รูปที่ 5.10 ความผิดปกติแบบ Swells[10]

5.2.3 ความผิดปกติที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาค่อนข้างนาน (Long Duration)

โดยทั่วไปหมายถึงการเปลี่ยนแปลงของแรงดันไฟฟ้า (rms) ที่นานกว่า 1 นาที มี 3 ลักษณะ ดังนี้

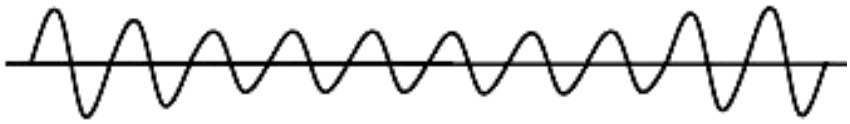
1) Sustained interruption หมายถึง การเกิดไฟฟ้าดับนานเกินกว่า 1 นาที อาจจะเรียกชื่อได้ว่า Outage หรือ Black out ดังรูปที่ 5.11

[8, 9, 10] สืบค้นเมื่อ 21/10/58 http://www.savetronics.co.th/know02.php



รูปที่ 5.11 ความผิดปกติแบบ Sustained interruption[11]

2) Undervoltage หมายถึง เกิดแรงดันตกมากกว่า 10% (0.8 - 0.9 pu.) นานเกินกว่า 1 นาที เช่น การตั้งแท็บของหม้อแปลงไม่ถูกต้อง การเดินเครื่องจักรขนาดใหญ่ หรือการตัดคาปาซิเตอร์ขนาดใหญ่ออกจากระบบไฟฟ้า อาจจะเรียกชื่อได้ว่าเป็นการเกิดไฟตก หรือ Brown out ดังรูปที่ 5.12



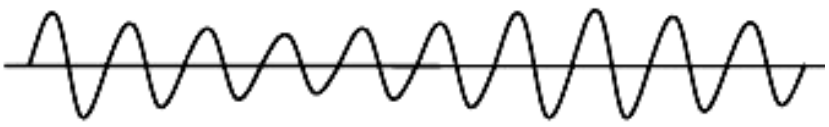
รูปที่ 5.12 ความผิดปกติแบบ Undervoltage[12]

3) Overvoltage หมายถึง การเกิดแรงดันเกินมากกว่า 10% (1.1 - 1.2 pu.) นานเกินกว่า 1 นาที อาจจะเรียกชื่อได้ว่าเป็นการเกิดไฟเกิน ดังรูปที่ 5.13

รูปที่ 5.13 ความผิดปกติแบบ Overvoltage[13]

5.2.4 แรงดันกระเพื่อม (Voltage fluctuation)

แรงดันกระเพื่อม หมายถึงการเปลี่ยนแปลงของแรงดันไฟฟ้า (rms) ที่ไม่เกิน +/- 10% (0.9 - 1.1 pu.) ทั้งแบบเป็นระบบ และแบบไม่ต่อเนื่องบางครั้งเรียกว่า flicker คือ ไฟกระเพื่อม เช่น การทำงานของเตาหลอมไฟฟ้า (Arc furnace) ดังรูปที่ 5.14



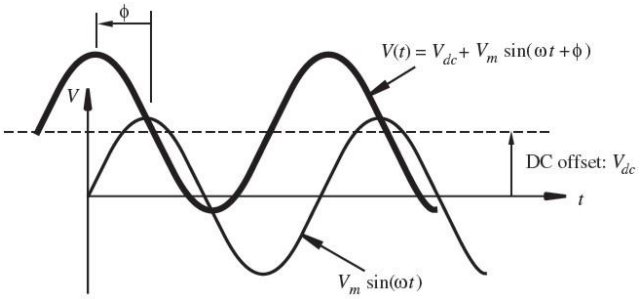
รูปที่ 5.14 Voltage fluctuation[14]

[11, 12, 13] สืบค้นเมื่อ 21/10/58 http://www.savetronics.co.th/know02.php

5.2.5 ความผิดเพี้ยนของรูปคลื่นไฟฟ้า (Waveform distortion)

ความผิดเพี้ยนของรูปคลื่นไฟฟ้า หมายถึง การที่รูปคลื่นทางไฟฟ้ามีความผิดเพี้ยนไป จากรูปคลื่นไซน์สมบูรณ์แบบในสภาวะอยู่ตัว (steady state) มี 5 แบบ ดังนี้

1) DC offset หมายถึง ระบบไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) มีกระแสหรือแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (DC) ปะปนมาด้วย โดยอาจเกิดจากการใช้วงจรเรียงกระแสแบบครึ่งลูกคลื่น (Half - wave Rectifier) ดังรูปที่ 5.15



รูปที่ 5.15 DC offset[15]

2) Harmonics หมายถึง กระแสหรือแรงดันไฟฟ้าที่มีความถี่เป็นจำนวนเท่าที่เป็นจำนวนเต็มของความถี่มูลฐาน 50 Hz. อาจเป็น 2 เท่า (100Hz.) หรือมากกว่านั้น โดยอาจเกิดจากโหลดที่ไม่เป็นเชิงเส้น เช่น หลอด gas discharge, บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ เป็นต้น โดยฮาร์มอนิกจะปนมากับแรงดันไฟฟ้า 50 Hz. ปกติ ซึ่งจะทำให้รูปคลื่นไฟฟ้าผิดเพี้ยนไปจากเดิม ดังรูปที่ 5.16

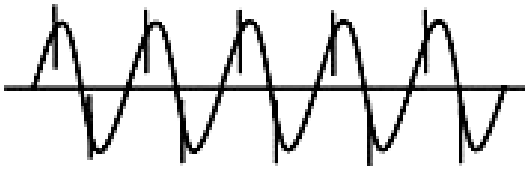
รูปที่ 5.16 Harmonics[16]

3) Interharmonic หมายถึง กระแสหรือแรงดันไฟฟ้าที่มีความถี่เป็นจำนวนเท่าที่ไม่เป็นจำนวนเต็มของความถี่มูลฐาน 50 Hz. เช่น 2.5 เท่า หรือ 125 Hz. เป็นต้น โดยอาจเกิดจากเตาหลอมไฟฟ้า (Arc furnace)

4) Notching หมายถึง ความผิดปกติทางแรงดันไฟฟ้าแบบเป็นคาบ ที่เกิดจากคอมมิวเตชั่นของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กำลัง เช่น ไทริสเตอร์ โดยทั่วไปมีความถี่สูงมากและตรวจวัดได้ยาก ดังรูปที่ 5.17

[14, 16] สืบค้นเมื่อ 21/10/58 http://www.savetronics.co.th/know02.php

[15] สืบค้นเมื่อ 21/10/58 http://vertexaq.com/vertex-aq-aneto-dc-blockers/



รูปที่ 5.17 Notching[17]

5) Noise หมายถึง สัญญาณรบกวนทางไฟฟ้าความถี่สูงในรูปของกระแสและแรงดันจากอุปกรณ์ที่ใช้อิเล็กทรอนิกส์กำลัง หรือเตาหลอมไฟฟ้าที่สามารถรบกวนการทำงานของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ หรือคอมพิวเตอร์ได้ ลักษณะดังรูปที่ 5.18

รูปที่ 5.18 Noise[18]

5.3 วัสดุอุปกรณ์และการติดตั้งในระบบล่อฟ้า

ระบบล่อฟ้าเป็นระบบที่ล่อให้ฟ้าผ่าลงมาที่เสาหรือแท่งล่อฟ้า ได้ถูกพัฒนาขึ้นมาตั้งแต่ช่วงคริสต์ศตวรรษที่ 18 และได้มีการพัฒนาต่อเนื่องมาจนถึงปัจจุบัน มีการออกแบบและการติดตั้งที่เป็นมาตรฐาน การป้องกันฟ้าผ่าอาคารหรือสิ่งปลูกสร้างจะแบ่งออกเป็นสองส่วน คือ ระบบป้องกันฟ้าผ่าภายนอก เป็นการป้องกันไม่ให้เกิดความเสียหายต่ออาคารหรือสิ่งปลูกสร้างจากการถูกฟ้าผ่าลงมาโดยตรง และระบบป้องกันฟ้าผ่าภายใน เป็นการป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับอุปกรณ์ที่ติดตั้งอยู่ภายในตัวอาคารหรือสิ่งปลูกสร้างที่ส่งผลต่อเนื่องมาจากฟ้าผ่าภายนอกอาคาร การป้องกันฟ้าผ่าภายในสามารถทำได้โดยการใช้อุปกรณ์ป้องกันเสิร์จ (Surge Protection) และการติดตั้งระบบสายดินหรือระบบกราวด์ที่ถูกต้องตามมาตรฐาน สมาคมวิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ (IEEE) ได้กำหนดส่วนประกอบหลักของระบบป้องกันไว้ได้แก่ แท่งตัวนำอากาศหรือแท่งล่อฟ้า แท่งนี้จะติดตั้งอยู่ที่ส่วนบนสุดของอาคารทำหน้าที่ล่อให้เกิดฟ้าผ่าที่แท่งตัวนำนี้ เพื่อที่จะทำให้อาคารหรือสิ่งปลูกสร้างเกิดความปลอดภัย สายตัวนำที่ต่อจากแท่งตัวนำอากาศกับแท่งอิเล็กโทรดหรือหลักดินที่ฝังอยู่ในดิน ซึ่งจะทำหน้าที่นำกระแสไฟฟ้าจากฟ้าผ่าลงไปในดิน

ระบบล่อฟ้าภายนอกสิ่งปลูกสร้างสามารถแยกออกเป็นสองประเภทใหญ่ คือ แบบดั้งเดิม (conventional system) หมายรวมถึง ระบบที่ใช้แท่งแฟรงคลินส์ (Franklins Rod) และกรงฟาราเดย์ (Faraday Cage) และไม่ใช่แบบดั้งเดิม (unconventional system) หมายรวมถึง ระบบทั้งหมด

[17, 18] สืบค้นเมื่อ 21/10/58 http://www.savetronics.co.th/know02.php

ที่ไม่ใช่แท่งแฟรงคลินส์หรือกรงฟาราเดย์ เช่น ระบบที่ใช้แท่งอีเอสอี (Early Streamer Emission - Enhanced Ionizing Air Terminal) แท่งเซมิคอนดักเตอร์ (Semi – Conductor Lightning Eliminator) และแท่งดีเอเอส (Dissipation Array System) เป็นต้น

การศึกษาเกี่ยวกับระบบป้องกันฟ้าผ่าแต่ละชนิดเป็นสิ่งที่สำคัญมาก เนื่องจากในปัจจุบันอุปกรณ์สำหรับการติดตั้งในระบบป้องกันฟ้าผ่านี้จะมีวางจำหน่ายตามท้องตลาดมากมาย หากผู้ที่ทำการติดตั้งมิได้คำนึงถึงคุณภาพของอุปกรณ์และมิได้มีความรู้อย่างถ่องแท้แล้ว ก็อาจจะเป็นสาเหตุทำให้เกิดความเสี่ยงสูงต่อการเกิดความสูญเสียต่อชีวิตและทรัพย์สินได้

ระบบล่อฟ้ามีส่วนประกอบที่สำคัญสามารถแบ่งได้เป็น 3 ส่วน ดังนี้

5.3.1 หัวล่อฟ้า (Lighting Air-terminal)

กรณีที่เกิดฟ้าผ่าขึ้นหัวล่อฟ้าจะเป็นตำแหน่งที่เราต้องการให้ฟ้ามาผ่าลง ดังนั้นหัวล่อฟ้าจึงควรติดอยู่ในตำแหน่งที่สูงสุดเท่าที่จะสามารถทำได้ เช่น อยู่เหนือจากจุดที่สูงที่สุดของอาคาร เสาอากาศวิทยุ แท็งก์น้ำ (water tank) เป็นต้น โดยการติดตั้งให้สูงขึ้นไปอย่างน้อย 2 เมตร หัวล่อฟ้าควรทำด้วยโลหะที่มีคุณสมบัติการเป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดี ทนต่อการหลอมละลาย เช่น แท่งทองแดง แท่งสแตนเลส (Stainless Steel) แท่งทองแดงชุบดีบุก แท่งเหล็ก หรือวัสดุตัวนำอื่นๆ ซึ่งการพิจารณาวัสดุที่นำมาใช้สามารถพิจารณาได้จากพื้นที่ที่ติดตั้ง เช่น กรณีอยู่ใกล้ทะเลควรใช้วัสดุที่สามารถทนการกัดกร่อนได้ดี หรือพิจารณาจากงบประมาณที่ตั้งไว้เป็นต้น การติดตั้งหัวล่อฟ้าจะต้องไม่มีส่วนหนึ่งส่วนใดของแท่งตัวนำล่อฟ้าเชื่อมต่อกับตัวอาคาร ทั้งนี้เพื่อลดผลกระทบจากฟ้าผ่าที่อาจเกิดขึ้นกับตัวอาคารและระบบไฟฟ้าในอาคาร หัวล่อฟ้าควรมีลักษณะเป็นปลายแหลม เนื่องจากจะมีคุณสมบัติในการถ่ายเทประจุไฟฟ้าในอากาศได้ดี และควรมีเส้นผ่าศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 3/8 นิ้ว ยาวไม่น้อยกว่า 10 นิ้ว (ตามมาตรฐาน UL96) ทั้งนี้เพื่อให้สามารถรองรับกระแสฟ้าผ่าขนาดใหญ่ได้ดี

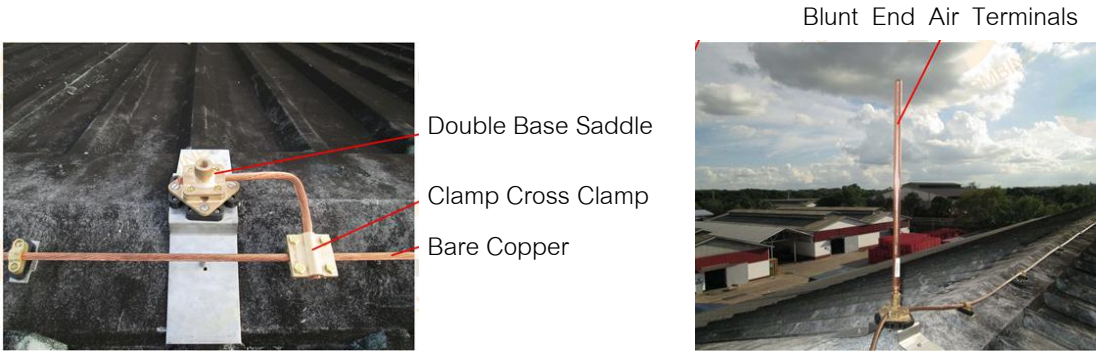
หัวล่อฟ้า ในปัจจุบันหัวล่อฟ้าที่ใช้กันอยู่ในท้องตลาดมีอยู่หลายชนิดด้วยกัน เช่น หัวล่อฟ้าแบบ Faraday, หัวล่อฟ้าแบบ Early Streamer Emission, หัวล่อฟ้าแบบ Radio Active, หัวล่อฟ้าแบบร่ม และหัวล่อฟ้าแบบอื่นๆ เป็นต้น หัวล่อฟ้าแบบ Faraday นี้ เป็นหัวล่อฟ้าแบบที่สามารถใช้งานได้ดีมีราคาถูก และเป็นที่นิยมใช้กันแพร่หลายโดยทั่วไป มีมุมในการป้องกันฟ้าผ่าโดยเฉลี่ยประมาณ 45 องศา (วัดจากปลายสุดของหัวล่อฟ้า) การนำหัวล่อฟ้าแบบ Faraday มาต่อใช้งานร่วมกับระบบกราวด์ฟ้าผ่าแบบกราวด์ลึก จะทำให้ประสิทธิภาพและมุมในการป้องกันฟ้าผ่ามีมากยิ่งขึ้น เนื่องจากหัวล่อฟ้าจะสามารถถ่ายเทประจุไฟฟ้าระหว่างดินและประจุไฟฟ้าในอากาศผ่านแท่งกราวด์ฟ้าผ่าแบบกราวด์ลึกได้ดียิ่งขึ้นนั่นเอง หัวล่อฟ้าแต่ละชนิดมีลักษณะและการทำงาน ดังต่อไปนี้

1) แท่งแฟรงคลินส์ (Franklins Rod) แท่งแฟรงคลินส์เป็นแท่งตัวนำที่ทำหน้าที่สกัดจับฟ้าผ่า จากนั้นประจุไฟฟ้าจะถูกส่งผ่านลงไปที่ดินโดยผ่านสายตัวนำและแท่งอิเล็กโทรดหลือหลักดินซึ่งฝังอยู่ในดิน แท่งแฟรงคลินส์เป็นส่วนหนึ่งของระบบป้องกันไฟฟ้า ซึ่งถูกติดตั้งอยู่ส่วนบนสุดของอาคารหรือสิ่งก่อสร้างที่ต้องการป้องกัน โดยแท่งตัวนำนี้มีปลายแหลม ดังรูปที่ 5.19 (ซ้าย) ต่อมาในภายหลังมีการค้นพบว่าแท่งตัวนำปลายทู่ ดังรูปที่ 5.19 (ขวา) สามารถมีประสิทธิภาพในการสกัดจับฟ้าผ่าได้ดีกว่าแท่งปลายแหลม จากการทดลองฟ้าผ่าในธรรมชาติบนยอดเขาในนิวเมกซิโกพบว่าแท่งแฟรงคลินส์ปลายทู่ขนาด

เส้นผ่านศูนย์กลาง 12.7 – 25.4 มิลลิเมตร ถูกฟ้าผ่าในช่วงเวลาเจ็ดปีของการทดลอง แต่แท่งแฟรงคลินส์ปลายแหลมและแท่งอีเอสอีไม่ถูกฟ้าผ่าเลย

รูปที่ 5.19 แท่งแฟรงคลินส์ปลายแหลม (ซ้าย) และปลายทู่ (ขวา)[19]

การติดตั้งระบบป้องกันฟ้าผ่าหรือระบบล่อฟ้าแบบฟาราเดย์แฟรงคลินส์ (Faraday Franklin System Equipment) จะมีเงื่อนไขในการติดตั้งที่เป็นมาตรฐาน ดังนั้นผู้ออกแบบหรือผู้ที่ทำการติดตั้งจะต้องศึกษาคู่มือการติดตั้ง หรือศึกษาข้อมูลจากบริษัทผู้ผลิตก่อนทำการติดตั้ง เพื่อที่จะทำให้การป้องกันฟ้าผ่ามีประสิทธิภาพสูงสุด ตัวอย่างการติดตั้งระบบล่อฟ้าแบบฟาราเดย์แฟรงคลินส์ ดังรูปที่



รูปที่ 5.20 การติดตั้งระบบล่อฟ้าแบบฟาราเดย์แฟรงคลินส์[20]

5.20 (ซ้าย) จากรูปจะเป็นการติดตั้งฐานสำหรับสวมหลักล่อฟ้า (Double Base Saddle) และเชื่อมต่อกับระบบป้องกันฟ้าผ่าด้วยแคล้มป์ (Clamp Cross Clamp) ซึ่งจะมีแท่งตัวนำทองแดงเปลือยเป็นตัวนำในการเชื่อมต่อหลักล่อฟ้าทั้งระบบ และรูปที่ 5.20 (ขวา) จะเป็นการติดตั้งเสาล่อฟ้ากับฐานรองรับ

2) กรงฟาราเดย์ (Faraday cage) กรงฟาราเดย์เป็นแท่งตัวนำหรือโลหะต่อเชื่อมกันเป็นตาข่าย ล้อมรอบวัตถุหรือสิ่งก่อสร้าง เป็นผลทำให้เกิดฉนวนไฟฟ้าสถิต การป้องกันโดยใช้กรงฟาราเดย์เรียกอีกชื่อหนึ่งว่าเป็นวิธีตาข่าย (mesh method) โดยทั่วไปอาคารที่มีโครงสร้างเป็นคอนกรีตเสริมเหล็กก็เข้าข่ายกรงฟาราเดย์ แต่ความห่างของโครงเหล็กก็มีผลต่อการป้องกันฟ้าผ่า มีข้อมูลวิจัยเรื่องการลดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าว่า ขนาดช่องตาข่ายของกรงควรมีขนาดเล็กกว่าหนึ่งในแปดของความยาวคลื่นของ

[19] สืบค้นเมื่อ 22/10/58 http://www.cjcombine.com/faraday/faraday.html

[20] สืบค้นเมื่อ 22/10/58 http://www.cjcombine.com/faraday/faraday.html

รูปที่ 5.21 การทดลองกับตัวถังของรถยนต์[21]

สัญญาณกระแสที่เกิดจากฟ้าผ่า ซึ่งจะทำให้การเปลี่ยนของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าภายนอกกรงไม่มีผลต่อสิ่งที่อยู่ในกรงตาข่าย ดังนั้นการใช้กรงฟาราเดย์ขนาดเท่านี้จะปลอดภัยต่ออุปกรณ์ภายในสิ่งปลูกสร้างด้วย โครงสร้างกรงฟาราเดย์มีค่าใช้จ่ายในการติดตั้งสูง ดังนั้นจึงนิยมใช้แท่งแฟรงกลินร่วมด้วย เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการป้องกัน

จากรูปที่ 5.21 เป็นการทดลองให้ไฟฟ้าแรงสูงลงมาที่ตัวถังของรถยนต์โดยมีคนนั่งอยู่ภายในนั้น จากผลการทดลองปรากฏว่าคนที่นั่งอยู่ในรถยนต์ไม่ได้รับอันตรายจากกระแสไฟฟ้าแรงสูงเลย เพราะหลักการของกรงฟาราเดย์ได้ช่วยเอาไว้ โดยหลักการของกรงฟาราเดย์นั้นวัตถุที่มีโครงสร้างส่วนใหญ่เป็นโลหะหรือตาข่ายคลุมไว้จะกระจายพลังงานจากไฟฟ้าไปทั่วพื้นผิว กระแสไฟฟ้าจะไม่เข้าไปข้างในทำให้ผู้ขับขี่หรือผู้โดยสารที่อยู่ภายในรถยนต์ปลอดภัยจากกระแสไฟฟ้า หลักการนี้จะนำไปใช้กับเครื่องบินซึ่งจะทำให้ผู้โดยสารภายในเครื่องบินปลอดภัยจากฟ้าผ่าที่เครื่องบิน

3) แท่งล่อฟ้าอีเอสอี (Early Streamer Emission) แท่งล่อฟ้าอีเอสอี ดังรูปที่ 5.22 เป็นแท่งล่อฟ้าแบบเริ่มปล่อยประจุก่อน มีราคาตามท้องตลาดสูงกว่าแท่งแฟรงคลินส์ โดยผู้ผลิตอ้างว่าแท่งล่อฟ้าชนิดนี้มีประสิทธิภาพการป้องกันมากกว่าแท่งแฟรงคลินส์ แต่อย่างไรก็ตามไม่มีข้อมูลหรือทฤษฎีใดๆ สนับสนุนว่าเป็นเช่นนั้นจริง หลักการทำงานของแท่งอีเอสอี คือ เมื่อมีลำประจุไฟฟ้าเริ่มจากก้อนเมฆลงมาจะทำให้สนามไฟฟ้ามีค่าสูงเพิ่มขึ้น แท่งอีเอสอีจะปล่อยประจุออกมาและสร้างลำประจุขึ้นมาได้อย่างรวดเร็วทำให้เกิดฟ้าผ่าลงที่แท่งอีเอสอีแทนการลงที่จุดอื่นซึ่งไม่มีประจุล่อ แท่งอีเอสอีมีอยู่ 3 ชนิด คือ แท่งที่มีสารกัมมันตรังสีที่บรรจุไว้ที่ส่วนปลายของแท่งล่อฟ้า, แท่งที่มีอุปกรณ์ไฟฟ้าปล่อยแรงดันอิมพัลส์ (Impulse Voltage) เพื่อสร้างประจุ และแท่งที่ปล่อยลำแสงเลเซอร์ สำหรับแท่งอีเอสอีที่นิยมใช้กันมากที่สุดคือ ชนิดที่มีสารกัมมันตรังสีบรรจุไว้ที่ส่วนปลายของแท่งล่อฟ้า

[21] สืบค้นเมื่อ 22/10/58 http://thaimazda2.com/webboard/viewtopic.php?f=28&t=37602&p=855386

รูปที่ 5.22 ตัวอย่างของแท่งล่อฟ้าอีเอสอี[22]

5.3.2 สายตัวนำลงดิน (Down Lead หรือ Down Conductor)

สายตัวนำลงดินควรใช้สายตัวนำที่มีคุณสมบัติในการนำไฟฟ้าได้ดี มีความคงทนต่อการหลอมละลาย เช่นสายไฟ 60227 IEC01 (THW), สายทองแดงเปลือย, สายเหล็ก หรือสายตัวนำอื่นๆ ขนาดพื้นที่หน้าตัดไม่น้อยกว่า 70 ตร.มม. ซึ่งการพิจารณาวัสดุที่นำมาใช้ สามารถพิจารณาได้จากพื้นที่ เช่น กรณีอยู่ใกล้ทะเลควรใช้วัสดุที่สามารถทนการกัดกร่อนได้ดี พิจารณาจากความยากง่ายในการติดตั้ง และจากงบประมาณที่ตั้งไว้เป็นต้น การต่อลงดินควรหาแนวเดินสายหรือระยะจากหัวล่อฟ้าจนถึงแท่งกราวด์ฟ้าผ่าควรให้มีระยะทางที่สั้นที่สุด และเป็นแนวเส้นตรงที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ ทั้งนี้เพื่อลดการเกิด Flash over เข้าบริเวณด้านข้างของอาคาร การต่อสายตัวนำลงดินควรใช้ Down-lead Support ชนิดลูกถ้วย Ceramic ในการยึดสาย ทั้งนี้ก็เพื่อให้ระบบนำลงดินแยกจากตัวอาคารได้โดยสิ้นเชิง

จุดเชื่อมต่อทุกจุดของการติดตั้งระบบล่อฟ้า เช่น ระหว่างหัวล่อฟ้ากับสายตัวนำลงดิน และระหว่างสายตัวนำลงดินกับแท่งกราวด์ฟ้าผ่า จะทำการเชื่อมต่อด้วยวิธีหลอมละลายเนื้อโลหะเข้าด้วยกัน (Exothermic Welding) ซึ่งการเชื่อมต่อด้วยวิธีหลอมละลายเนื้อโลหะเข้าด้วยกันนี้ จะทำให้การถ่ายเทกระแสฟ้าผ่า ซึ่งเป็นกระแสไฟฟ้าขนาดใหญ่ในระยะเวลาอันสั้นมีประสิทธิภาพสูงสุด จึงทำให้การเกิดผลกระทบจากฟ้าผ่าต่อตัวอาคารและระบบไฟฟ้าในอาคารลดลงไปด้วย

5.3.3 กราวด์ระบบล่อฟ้า (Lightning ground)

กราวด์ระบบล่อฟ้าเป็นแท่งกราวด์เดี่ยวที่ทำจากท่อเหล็กอาบสังกะสี (Hot dip galvanize) เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1 นิ้ว ฝังลึกลงไปในดิน โดยกำหนดความต้านทานดินน้อยกว่า 0.5 โอห์มซึ่งเป็นค่าความต้านทานที่วัดเทียบกับจุดที่อยู่ลึกลงไปในดิน (Remote Earth หรือ Common Earth) เท่านั้น เป็นแท่งกราวด์ที่ถูกเชื่อมต่อกับสายตัวนำลงดิน (down lead) เพียงเส้นเดียวและเป็นการเชื่อมต่อแบบการหลอมละลายเนื้อโลหะเข้าด้วยกันด้วยความร้อน (exothermic) ติดตั้งบ่อพักคอนกรีตเสริมเหล็กสำเร็จรูป (Hand hole) พร้อมฝาปิด ณ หัวแท่งกราวด์ การต่อแท่งกราวด์ระบบล่อฟ้าให้ได้ความยาวตามที่กำหนดจะใช้ข้อต่อ (coupling) สำเร็จรูปแล้วเชื่อมไฟฟ้าปิดทับรอยต่อและทาทับด้วยสีกันสนิมอีกชั้นหนึ่ง

[22] สืบค้นเมื่อ 22/10/58 http://www.alibaba.com/showroom/early-streamer-emission_3.html?spm=a2700.7724857.6.3.5SKnfF

แท่งกราวด์สามารถเข้าใกล้จุดศูนย์ร่วมของโลก (Common Earth) อย่างแท้จริง ค่าความต้านทานดินของแท่งกราวด์ที่วัดได้จึงเป็นค่าความต้านทานดิน ณ จุดใกล้เคียงจุดศูนย์ร่วมของโลก จุดศูนย์ร่วมของโลก (Common Earth) หมายถึง จุดศูนย์ร่วมของโลกที่อยู่ลึกลงไปในดิน ซึ่ง ณ จุดศูนย์ร่วมของโลกนี้ค่าความต้านทานทางไฟฟ้าจะมีค่าเป็นศูนย์ และถือว่าเป็นจุดเดียวกันไม่ว่าจะอยู่ที่ใดในโลกก็ตาม

การทำกราวด์แบบกราวด์ลึก ถือได้ว่าเป็นการทำกราวด์แบบกราวด์แท่งชนิดหนึ่ง (Vertical ground rod electrode) ซึ่งมีใช้กันมานานแล้ว และได้กล่าวไว้ในมาตรฐาน IEC, ANSI/IEEE, NEC เรื่องการทำระบบกราวด์ การทำกราวด์ในปัจจุบันยังมีอยู่หลากหลายชนิดด้วยกัน เช่น การทำกราวด์แบบสามเหลี่ยม (DELTA), การทำกราวด์แบบแท่งกราวด์เดี่ยว (Single ground rod electrode) หรือบางครั้งถูกเรียกว่ากราวด์ลึก, การทำกราวด์แบบแผ่น (Ground Plate), การทำกราวด์แบบแท่งขนาน (Multiple ground rod electrode), การทำกราวด์แบบตาราง (Ground Grid), การทำกราวด์แบบเคมี (Chemical Ground), การทำกราวด์แบบแนวนอน (Horizontal Ground), การทำกราวด์แบบวงแหวน (Ground Ring) หรือแม้กระทั่งใช้โครงสร้างและสาธารณูปโภคของอาคาร (Local Metal Underground System or Building Structures Ground) ในการเป็นกราวด์ให้กับระบบ ซึ่งคุณสมบัติหลักข้อแรกๆ ของระบบกราวด์ที่ดีก็คือควรมีค่าความต้านทานดินของแท่งกราวด์ต่ำ เช่น ใกล้เคียงศูนย์โอห์ม เป็นต้น ซึ่งการที่ระบบกราวด์มีค่าความต้านทานดินของแท่งกราวด์ต่ำ จะส่งผลทำให้ระบบไฟฟ้าที่ต่อกราวด์ไปใช้งานมีความปลอดภัย และมีเสถียรภาพที่ดีไปด้วย ดังนั้นระบบกราวด์ที่ดีควรคำนึงถึงคุณสมบัติในข้อนี้เป็นลำดับแรกๆ

คุณสมบัติของระบบกราวด์ที่ดี คือ สามารถถ่ายเทกระแสไฟฟ้าขนาดใหญ่ได้ดีในระยะเวลาอันสั้น ซึ่งคุณสมบัตินี้เป็นคุณสมบัติอีกข้อหนึ่งที่ระบบกราวด์ควรมี และมีความสำคัญต่อระบบไฟฟ้าเป็นอย่างมาก ยกตัวอย่างเช่น กรณีที่เกิดฟ้าผ่าบริเวณใกล้เคียงทำให้เกิดการเหนี่ยวนำและก่อให้เกิดกระแสไฟกระโชกขนาดใหญ่เข้ามาในระบบไฟฟ้า ระบบกราวด์ที่ดีจะต้องสามารถระบายกระแสไฟกระโชกที่เข้ามาในระบบนั้นลงกราวด์ได้อย่างรวดเร็วและทันท่วงที จึงจะทำให้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต่อร่วมอยู่ได้รับผลกระทบจากกระแสไฟกระโชกน้อยที่สุด ซึ่งในระบบกราวด์ลึกมีคุณสมบัติข้อนี้เป็นอย่างดี เนื่องจากสามารถถ่ายเทกระแสไฟกระโชกลงโดยตรงที่จุดศูนย์ร่วมของโลก (Common Earth) ที่อยู่ลึกลงไปในดินได้อย่างรวดเร็ว จึงทำให้ผลกระทบจากไฟกระโชกในระดับพื้นดินมีน้อยที่สุด ทำให้อุปกรณ์ที่ต่อร่วมและผู้ที่ใช้งานมีความปลอดภัย คุณสมบัติของระบบกราวด์ที่ดีข้อต่อมาก็คือ ต้องสามารถให้ค่าความต้านทานดินของแท่งกราวด์ที่ต่ำตลอดอายุการใช้งาน ไม่ว่าจะเป็นในฤดูฝนที่มีความชื้นในดินสูง ฤดูหนาวที่ค่าความชื้นในดินต่ำ หรือแม้กระทั่งเป็นหน้าร้อนที่ดินแตกระแหงก็ตาม รวมถึงไม่ว่าระยะเวลาจะผ่านไปยาวนานเท่าใดก็ตามระบบกราวด์ที่ดีควรที่จะยังคงให้ค่าความต้านทานดินของแท่งกราวด์ที่ต่ำอยู่ ซึ่งจะทำให้ระบบไฟฟ้าที่ต่อใช้งานมีเสถียรภาพที่ดีไปด้วย คุณสมบัติในข้อนี้มักจะไม่พบในการทำกราวด์ในระดับผิวดินแบบทั่วๆ ไป นอกจากนี้ระบบกราวด์ที่ดีจะต้องการการบำรุงรักษาและการเอาใจใส่น้อย หรือไม่ต้องการการบำรุงรักษาเลย มีอายุการใช้งานที่ยาวนาน มีราคาในการติดตั้งที่สมเหตุผลและคุ้มค่ากับการลงทุน ยกตัวอย่างเช่น การทำกราวด์โดยการปักแท่งทองแดงยาว 3 เมตรแบบเดลต้า (Delta) อาจให้ผลที่ดีในระยะแรกๆ คือมีค่าความต้านทานดินของแท่งกราวด์ที่ต่ำในช่วงที่ติดตั้งแล้วเสร็จใหม่ๆ แต่เมื่อระยะเวลาผ่านไปทองแดงจะทำ

ปฏิกิริยากับความชื้นและอากาศทำให้เกิด oxide จึงทำให้เกิดการกัดกร่อนอย่างรวดเร็ว รวมถึงสภาพความชื้นในช่วงฤดูต่างๆ ก็มีผลต่อค่าความต้านทานดินของแท่งกราวด์เนื่องจากเป็นกราวด์ในระดับผิวดิน จึงจำเป็นต้องมีการตรวจเช็คและบำรุงรักษาอย่างสม่ำเสมอ

การทำกราวด์แบบเคมี ก็มีความจำเป็นที่จะต้องทำการตรวจสอบและการบำรุงรักษา โดยการตรวจเช็คและเติมสารเคมีเป็นประจำเช่นกัน ซึ่งสารเคมีที่ใช้อาจมีผลต่อสิ่งแวดล้อมโดยตรงในระยะยาว

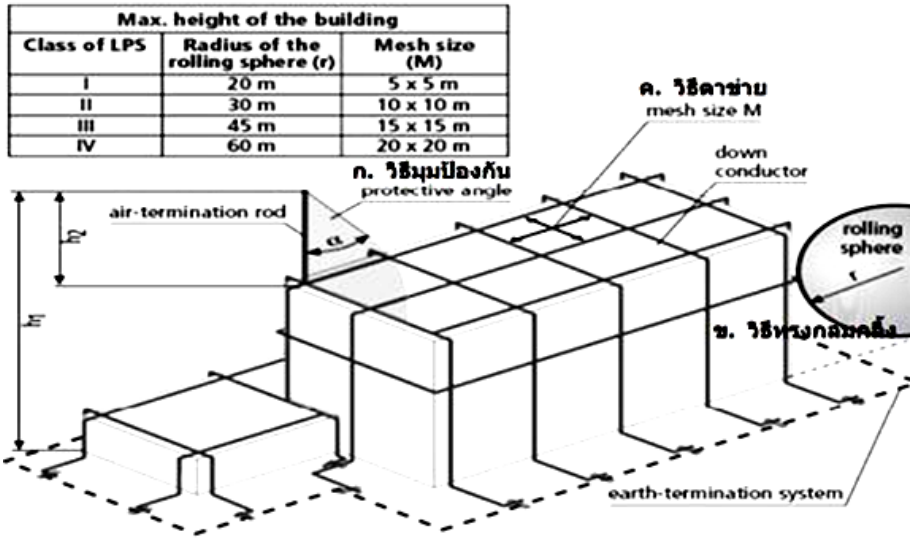
ระบบกราวด์แบบกราวด์ลึกเป็นระบบที่เหมาะสมกับทุกสภาพภูมิอากาศและทุกสภาพภูมิประเทศของประเทศไทย การติดตั้งระบบกราวด์แบบกราวด์ลึกอาจมีค่าใช้จ่ายเริ่มแรกในการติดตั้งสูงกว่าระบบกราวด์แบบอื่นอยู่บ้าง เนื่องจากจำเป็นต้องให้ผู้ที่มีความรู้ความชำนาญและใช้เครื่องมือเฉพาะทางในการติดตั้ง แต่ก็นับว่าคุ้มค้าเป็นอย่างมากในระยะยาวโดยมีรายละเอียดตามคุณสมบัติข้างต้นที่กล่าวมา และเมื่อเทียบกับความเสียหายของอุปกรณ์ไฟฟ้าไม่ว่าจะเป็นโดยทางตรง เช่นอุปกรณ์ไฟฟ้าได้รับความเสียหายจากไฟกระโชกเนื่องจากระบบกราวด์ที่ไม่ดีพอ จึงต้องเสียค่าใช้จ่ายและระยะเวลาในการซ่อมแซม หรือโดยทางอ้อมเช่นทำให้ชุมสายสื่อสารล่มไม่สามารถติดต่อสื่อสารได้เป็นระยะเวลานานทำให้ธุรกิจเสียหายจนยากที่จะประเมินค่าได้ หรือผู้ใช้งานอาจบาดเจ็บหรือเสียชีวิตเนื่องจากการติดตั้งระบบกราวด์ที่ไม่ดีพอ จึงนับว่าเป็นการลงทุนที่มีความคุ้มค่าเป็นอย่างมาก

5.4 การออกแบบและติดตั้งระบบล่อฟ้าสำหรับอาคารประเภทต่างๆ

การออกแบบระบบล่อฟ้าจะใช้มาตรฐาน IEC 62305-3 สำหรับการติดตั้งระบบล่อฟ้าใช้หลักการป้องกันฟ้าผ่าของเบนจามิน แฟรงคลินส์ (Benjamin Franklin) คือการติดตั้งแท่งโลหะหรือหัวล่อฟ้า ณ ที่จุดสูงสุดของอาคาร เพื่อดึงดูดและนำฟ้าผ่าให้ไหลลงสู่พื้นดินโดยปราศจากอันตราย แต่หัวล่อฟ้าดังกล่าวสามารถป้องกันอันตรายได้ในลักษณะของมุมกรวยที่รัศมีฐานเท่ากับความสูงของแท่งโลหะหรือหัวล่อฟ้าเท่านั้น จึงเหมาะสมสำหรับอาคารที่มีลักษณะปลายอาคารเป็นยอดแหลมและมีพื้นที่ไม่ใหญ่โตมากนักและจะมีปัญหาสำหรับอาคารที่มีลักษณะแบนราบและมีพื้นที่ใหญ่โต ต่อมาไมเคิล ฟาราเดย์ (Michael Faraday) ได้พัฒนาวิธีการป้องกัน โดยเพิ่มจำนวนของหัวล่อฟ้าและสายตัวนำให้ครอบคลุมบริเวณที่จะป้องกันมากขึ้น มีลักษณะเหมือนกรง เรียกว่ากรงฟาราเดย์ (Faraday cage) และได้กลายเป็นหลักการป้องกันฟ้าผ่าที่นิยมมาจนปัจจุบัน

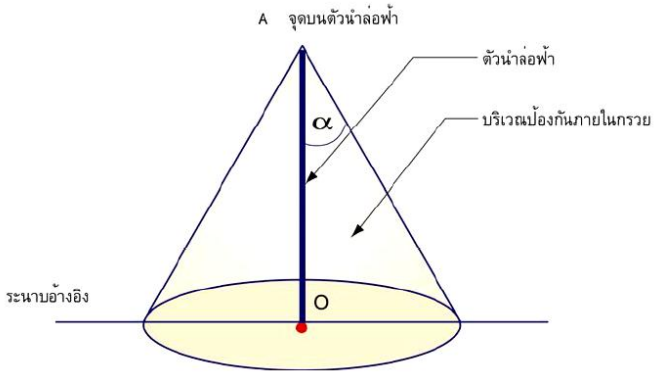
5.4.1 การออกแบบระบบล่อฟ้า

การออกแบบระบบล่อฟ้า ตามมาตรฐาน IEC 62305-3 มีอยู่ด้วยกัน 3 วิธี ดังรูปที่ 5.23 สามารถทำการติดตั้งได้แบบอย่างอิสระ หรืออาจใช้ร่วมกันหลายแบบได้ ขึ้นอยู่กับรูปทรงของอาคารที่จะทำการป้องกัน วิธีการติดตั้งระบบล่อฟ้า ดังนี้



รูปที่ 5.23 ตำแหน่งการติดตั้งระบบล่อฟ้า ตามมาตรฐาน IEC 62305-3[23]

1) วิธีมุมป้องกัน (Protective angle) เป็นวิธีที่กำหนดมุมสำหรับการป้องกันไว้แล้ว ซึ่งมีลักษณะพื้นที่ของการป้องกันจะเป็นรูปกรวยคว่ำ ดังรูปที่ 5.24 มุมป้องกันจะแปรผันตามระดับการป้องกันและความสูงของหัวล่อฟ้า วิธีมุมป้องกันนี้เหมาะที่จะใช้กับสิ่งปลูกสร้างอย่างง่าย หรือเป็นส่วนเล็กๆ ของสิ่งปลูกสร้างขนาดใหญ่ อาจจะเป็นเหลี่ยมของตึก ซึ่งวิธีมุมป้องกันนี้จะใช้ได้กับหัวล่อฟ้าแบบแท่ง และแบบขึงเท่านั้น

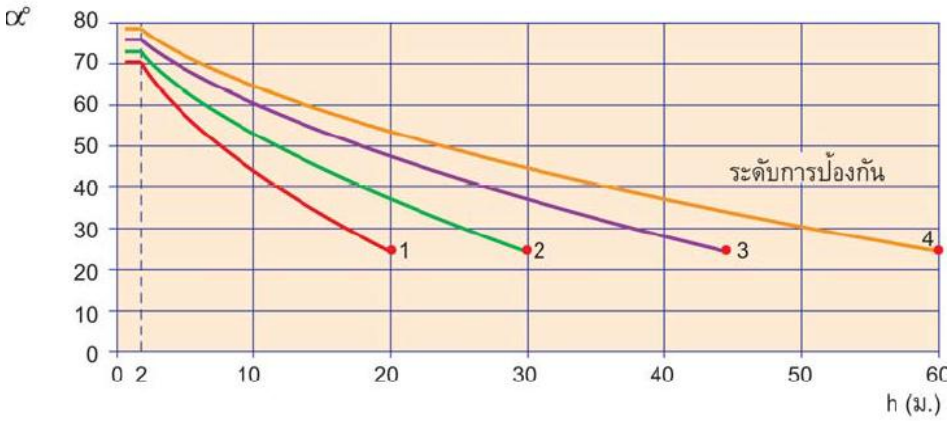


รูปที่ 5.24 Protective angle

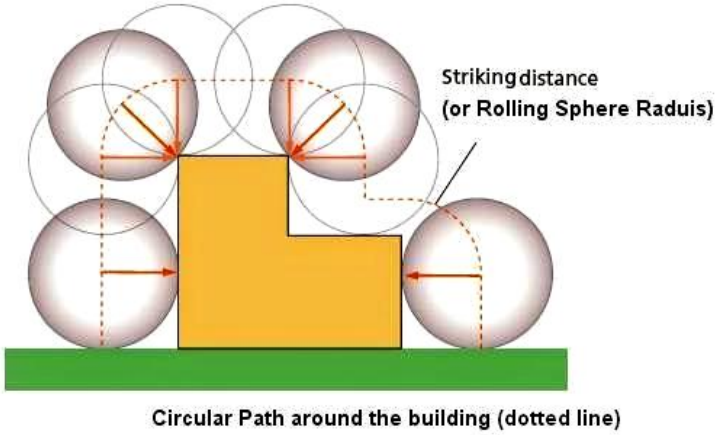
2) วิธีทรงกลมกลิ้ง (Rolling sphere) วิธีนี้จะใช้ทรงกลมเหมือนลูกบอล ซึ่งมีรัศมีกำหนดไว้ตามรูปที่ 5.25 มุมบนซ้าย (ค่าในกราฟที่แทนด้วย ● เป็นจุดที่ไม่สามารถใช้กับวิธีแบบมุมป้องกันได้ จากกราฟตามรูปให้ใช้วิธีการป้องกันแบบกลมกลิ้งหรือวิธีตาข่าย) ซึ่งจะแบ่งตามระดับการป้องกันไว้เป็น 4 ระดับ โดยจะกลิ้งไปบนส่วนบนสุดของอาคาร ดังรูปที่ 5.26 การออกแบบจึงต้องติดตั้งระบบ

[23] สืบค้นเมื่อ 23/10/58 http://lopeka-ee-room.blogspot.com/2014/12/iec-62305-3.html

ป้องกันฟ้าผ่าชนิดที่เป็นหลักล่อฟ้าหรือสายตัวนำขึงเสียก่อนแล้วกลิ้งลูกบอล หากมีส่วนใดของอาคารที่ผิวของลูกบอลสัมผัสจะถือว่าส่วนนั้นเป็นส่วนที่ไม่ได้รับการป้องกัน ซึ่งจะต้องทำการติดตั้งตัวนำล่อฟ้าเพิ่ม



รูปที่ 5.25 ความสัมพันธ์ระหว่างมุมป้องกันกับความสูงของตัวนำล่อฟ้า



รูปที่ 5.26 Rolling sphere[24]

3) วิธีตาข่าย (Mesh size) วิธีนี้เป็นการใช้ตัวนำล่อฟ้าแนวราบขึงบนส่วนของอาคารส่วนที่สูงที่สุด การติดตั้งที่ให้ประสิทธิภาพสำหรับการป้องกันที่ดีจะต้องติดตั้งตัวนำเป็นแนวราบโดยรอบอาคารซึ่งมีระยะห่างตามที่กำหนดในตารางตามรูปที่ 5.23 มุมบนซ้าย

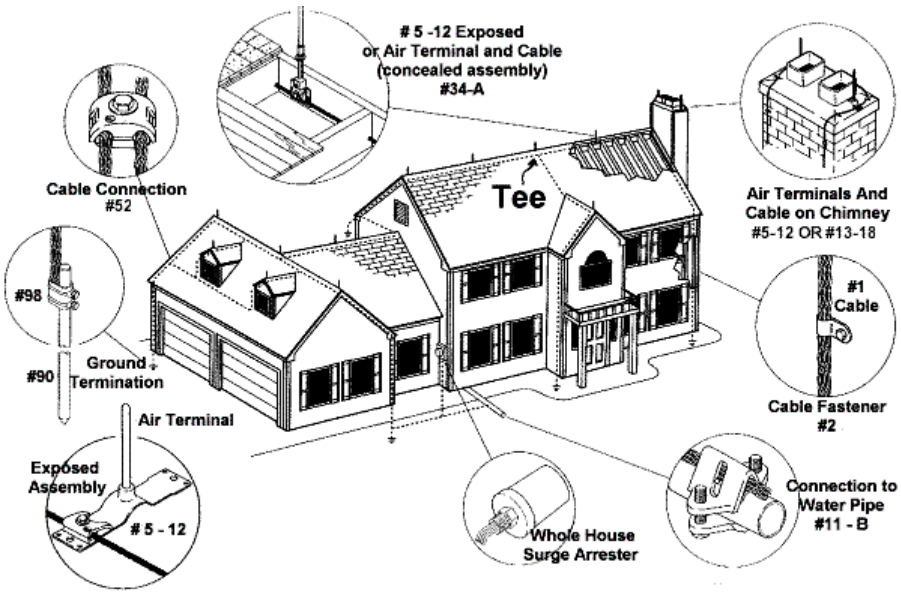
5.4.1 การติดตั้งหัวล่อฟ้า (air terminal)

หัวล่อฟ้าจะทำการติดตั้งไว้บนจุดสูงสุดของอาคารหรือสิ่งที่ต้องการป้องกัน และนิยมทำปลายให้แหลมเพื่อให้ความเครียดสนามไฟฟ้า ณ จุดนั้นมีค่าสูงกว่าที่อื่นในบริเวณใกล้เคียงกัน โดยทำหน้าที่ล่อให้ฟ้าผ่าลงมาหากเกิดฟ้าผ่าขึ้นในบริเวณนั้น หัวล่อฟ้าที่ได้รับความนิยมมี 3 ชนิด คือ ทองแดง อลูมิเนียม เหล็กชุบสังกะสีโดยที่ทองแดงจะมีค่าความต้านทานจำเพาะต่ำ แต่ไม่สามารถทนการกัดกร่อนในสภาพที่เป็นกรดหรือด่างได้ส่วนอลูมิเนียมมีค่าความต้านทานสูงกว่าทองแดงและมีราคาถูกกว่า แต่ใช้ได้เฉพาะส่วน

[24] สืบค้นเมื่อ 23/10/58 http://www.aconplus.co.th/product-review/125-how-to-lightning-protection

ที่อยู่ในอากาศเท่านั้น ไม่สามารถใช้ในดินได้และมีข้อจำกัดหลายประการ เช่น ไม่สามารถใช้ในหลังคาที่ปูด้วยทองแดง และยังต้องมีตัวต่อที่จะเปลี่ยนจากอลูมิเนียมไปเป็นทองแดงสำหรับต่อสายลงดิน ส่วนเหล็กชุบสังกะสีสามารถทนการกัดกร่อนได้ดีแต่มีความต้านทานจำเพาะสูงกว่าทองแดง แต่ราคาถูกและทนอุณหภูมิได้สูงกว่าแต่ส่วนใหญ่จะใช้ทองแดงเพราะนำไฟฟ้าดีกว่า บางชนิดมีปลายแหลมเป็นแฉกซึ่งจะเพิ่มการแตกตัวของอากาศได้ในบริเวณรอบปลายแหลมที่มีหลายๆ อัน ปกติหัวล่อฟ้าต้องติดตั้งในจุดสูงสุดของอาคาร ดังรูปที่ 5.27 ถ้าเสามีความสูงจากฐานถึงปลายยอดไม่น้อยกว่า 10 นิ้วเหนือวัตถุที่ต้องการป้องกันให้วางหัวล่อฟ้าดังกล่าวเป็นระยะห่างกันทุกๆ 20 ฟุต แต่ถ้ามีระยะห่างเพิ่มเป็น 25 ฟุต ความสูงของเสาต้องไม่น้อยกว่า 2 ฟุต ถ้าสูงกว่า 2 ฟุต ต้องยึดเสาด้านข้างเพิ่มเติมที่ระยะประมาณครึ่งหนึ่งของความสูงหัวล่อฟ้า จำนวนและการติดตั้งเสาล่อฟ้า สามารถแบ่งออกได้ 3 กรณี ดังนี้

1) การติดตั้งกับหลังคาลาดเอียง จะต้องติดตั้งเสาล่อฟ้าที่แถวแรกของสันหลังคา โดยมีระยะห่างของเสาแต่ละต้นไม่เกิน 20 ฟุตถ้าเสามีความสูง 10 นิ้ว แต่ถ้าเสาล่อฟ้ามีความสูง 24 นิ้วให้วางห่างกันได้ไม่เกิน 25 ฟุตและเสาดังกล่าวต้องอยู่ห่างจากริมหรือขอบของหลังคาไม่เกิน 2 ฟุต หลังจากวางเสาล่อฟ้าแถวแรกที่สันหลังคาได้แล้วต่อไปให้พิจารณาที่ส่วนปลายชายคาของหลังคาว่าอยู่ภายในรัศมีป้องกันของเสาล่อฟ้าที่สันหลังคาหรือไม่



รูปที่ 5.27 ตัวอย่างการติดตั้งหัวล่อฟ้าบนหลังคา[25]

หัวล่อฟ้าหรือเสาล่อฟ้าต้องติดตั้งโดยจัดวางตำแหน่งให้ตัวนำล่อฟ้าครอบคลุมทุกส่วนของสิ่งปลูกสร้างที่อยู่ในบริเวณป้องกัน โดยมุมป้องกัน α ที่ฉายไปทุกทิศทุกทางในแนวชี้ลงพื้นดิน ระยะของมุมป้องกันดังรูปที่ 5.25

[25] สืบค้นเมื่อ 23/10/58 http://lightningrod.com/how-a-lightning-protection-system-works/steps-to-select-lightning-rod-materials-for-your-building/

2) กรณีของหลังคาแบนราบหรือหลังคาที่มีความลาดเอียงน้อย NEC ได้กำหนดให้หลังคาที่มีความลาดเอียงน้อยคือ หลังคาที่มีช่วงความกว้างไม่เกิน 12 เมตรหรือ 40 ฟุต และมีความลาดเอียงของหลังคา 1 ใน 8 หรือน้อยกว่านั้น ถ้าหลังคากว้างกว่า 12 เมตรหรือเกินกว่า 40 ฟุต จะต้องมีความลาดเอียงน้อยกว่า 1 ใน 4 กรณีนี้ให้ถือเอาการติดตั้งที่ขอบหลังคาเป็นหลัก โดยมีระยะห่างระหว่างหัวล่อฟ้าแต่ละต้นเป็น 6 หรือ 7.6 เมตร และตัวหัวล่อฟ้าต้องอยู่ห่างจากขอบสุด หรือสันหลังคาไม่เกิน 60 เซนติเมตรหรือ 2 ฟุต ถ้าหลังคามีความกว้างเกินกว้างกว่า 15 เมตรหรือ 50 ฟุตต้องมีแถวของหัวล่อฟ้าเพิ่มเติมที่ระยะไม่เกินกว่า 15 เมตรหรือ 50 ฟุต

3) หลังคาที่มีหลายชั้น การป้องกันฟ้าผ่าทำได้โดยการวางแถวของหัวล่อฟ้าตามกฎเกณฑ์ของหลังคาแต่ละประเภทหลัง จากนั้นก็กำหนดรัศมีป้องกันของหัวล่อฟ้าในส่วนที่ป้องกันหลังคาสูงสุด นอกจากนั้นให้ติดตั้งหัวล่อฟ้าเพิ่มเติมในส่วนที่รัศมีป้องกันของหัวล่อฟ้าบนหลังคาที่สูงที่สุด ไม่สามารถป้องกันได้การเดินสายเชื่อมต่อระหว่างหัวล่อฟ้าต้องเชื่อมหัวล่อฟ้าทุกๆ จุด โดยเดินสายเป็นวงรอบและหัวล่อฟ้าแต่ละต้นควรมีทางสำหรับกระแสไหลลงดินได้ 2 ทาง

5.4.2 การติดตั้งสายนำลงดิน (down conductor)

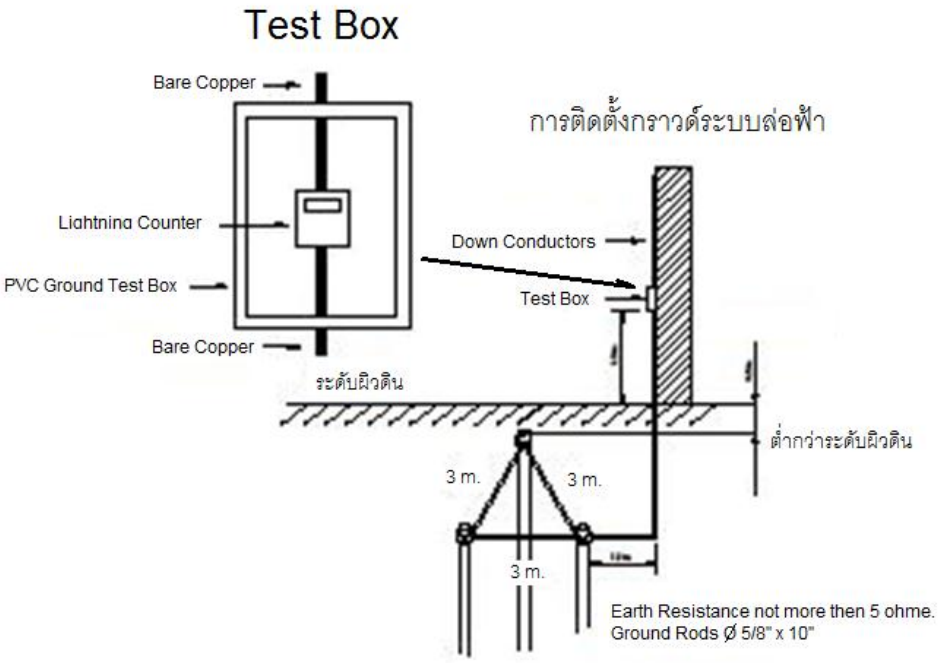
กรณีของอาคารสูงต้องเชื่อมต่อกันทุกระยะ 30 เมตร รอบอาคารและจำเป็นต้องเดินสายให้เป็นเส้นตรงมากที่สุด โดยจะต้องหลีกเลี่ยงการเดินสายแบบโค้งงอ หากมีกรณีที่จำเป็นอนุโลมให้โค้งงอได้แต่ความโค้งต้องไม่น้อยกว่า 90 องศาและมีรัศมีไม่น้อยกว่า 8 นิ้ว การเดินสายนอกอาคารควรหลีกเลี่ยงการเดินสายโค้งงอไปตามรูปทรงของอาคารโดยเฉพาะตึกที่ชั้นบนยื่นออกไปมากกว่าชั้นล่าง เนื่องจากอาจจะมีโอกาสเกิดการประกายไฟหรือการสปาร์ก (Spark) ด้านข้างเมื่อเกิดฟ้าผ่าหรือเกิดเบรกดาวน์ (break down) ของอาคารในช่วงที่สายตัวนำลงดินพาดผ่าน นอกจากนี้ยังต้องระวังไม่เดินสายใกล้กรอบประตูหรือหน้าต่างที่เป็นโลหะ บางครั้งอาจใช้โครงสร้างเหล็กของอาคารเป็นตัวนำฟ้าผ่าลงดินได้แต่ทั้งนี้เหล็กเส้นดังกล่าวจะต้องต่อถึงกันอย่างแน่นสนิทเพื่อให้กระแสไหลได้สะดวก โดยปกติขนาดสายตัวนำลงดินมักใช้สายทองแดงเปลือยที่มีขนาดตั้งแต่ 35 - 50 ตร.มม.

5.4.3 การติดตั้งแท่งกราวด์ระบบล่อฟ้า (earth electrode)

กราวด์ล่อฟ้าเป็นโลหะที่ฝังลงในดินเพื่อช่วยให้ความต้านทานของระบบสายดินมีค่าต่ำสุด ซึ่งอาจใช้แท่งกราวด์หลายชุด หรืออาจจะใช้วิธีการฝังลึกลงไปในดินมากขึ้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความต้านทานจำเพาะของดินและขนาดสิ่งก่อสร้างที่ต้องการติดตั้งระบบล่อฟ้าโดยคำนึงถึงหลัก 2 ประการ คือ ความต้านทานของระบบสายดินต้องไม่ทำให้เกิดประกายไฟหรือเกิดการสปาร์กด้านข้างภายในอาคาร และต้องไม่ทำให้เกิดความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างช่วงก้าว (step voltage) ประมาณ 1 เมตรบนพื้น ในทางฟิสิกส์และวิศวกรรมไฟฟ้าได้ให้ความหมายของแรงดันไฟฟ้าช่วงก้าวว่า หมายถึง ความต่างศักย์ที่ตกคร่อมจุด 2 จุดของร่างกายของคน สัตว์ หรือวัตถุใดๆ ยิ่งจุด 2 จุด อยู่ห่างกันมากเท่าไร (เช่น เรายืนบนพื้น โดยที่เท้าทั้งสองแยกห่างจากกัน) โอกาสที่แรงดันไฟฟ้าช่วงก้าวก็จะมากตามไปด้วย ส่งผลให้กระแสที่ไหลมาตามพื้นเข้าสู่ตัวเรา ร่างกายสัตว์ หรือวัตถุนั้นได้มากขึ้น

แท่งกราวด์นิยมใช้แท่งเหล็กเคลือบทองแดง (copper clad steel) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 1/2 นิ้ว ยาว 8 ฟุต ตอกลงไปในดินและควรอยู่ห่างจากฐานของอาคารไม่น้อยกว่า 2 ฟุต การ

ติดตั้งจะขึ้นอยู่กับสภาพดินคือ ถ้าดินชั้นกราวด์จะติดตั้งลึกลงไปไม่น้อยกว่า 10 ฟุต แล้วจึงถมดินอัดให้แน่น ส่วนบริเวณที่มีกรวดทรายปนอยู่ในดินต้องเพิ่มจำนวนแท่งกราวด์ซึ่งอาจจะเพิ่มเป็น 2 หรือมากกว่าโดยวางห่างกัน 3 เมตร ดังรูปที่ 5.28 เป็นรูปสามเหลี่ยมด้านเท่า และปักลึกลงไปในดิน 10 ฟุตเช่นกัน กรณีที่มีชั้นหินอยู่ใกล้ผิวดินซึ่งทำให้ปักรากสายดินไม่สะดวก ให้ขุดเป็นแนวยาวไม่น้อยกว่า 12 ฟุต ลึกตั้ง



รูปที่ 5.28 การติดตั้งกราวด์ระบบล่อฟ้า[26]

แต่ 1-2 ฟุต แต่ถ้าชั้นดินข้างบนเป็นทรายหรือมีกรวดปนดิน แนวดินที่ขุดจะต้องมีความยาวไม่น้อยกว่า 24 ฟุต และลึกไม่น้อยกว่า 2 ฟุต แต่ถ้าไม่สามารถขุดเป็นแนวนอนดังกล่าวได้ ให้วางสายตัวนำในระดับความลึกดังกล่าว แล้วต่อกับแผ่นทองแดงที่มีความหนาอย่างน้อย 0.8 มิลลิเมตร และมีพื้นที่ผิวไม่น้อยกว่า 2 ตารางฟุต โดยปลายสายต้องอยู่ห่างจากตัวอาคารไม่น้อยกว่า 2 ฟุต ถ้าชั้นดินมีความลึกน้อยกว่า 1 ฟุต ต้องใช้ตัวนำวางในแนวเป็นวงรอบอาคารและเพิ่มแผ่นทองแดงขนาด 9 ตารางฟุต หนา 0.8 มิลลิเมตร ที่มุมอาคารและกลบด้วยดินร่วน เพื่อให้รับความชื้นจากฝนได้ ค่าความต้านทานของแท่งกราวด์ที่ติดตั้งแล้วควรอยู่ในช่วง 2-5 โอห์ม นอกจากนี้สายดินของระบบไฟฟ้า โทรศัพท์ หรือท่อโลหะอื่นๆ ที่ฝังดิน ควรมีการเชื่อมโยงเข้ากับระบบล่อฟ้าเพื่อลดความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างตัวนำประเภทต่างๆ ที่ต่อลงไปในดิน ถ้าความต้านทานของระบบสายดินมีค่าสูงและแก้ไขโดยใช้วิธีการข้างต้นแต่ค่าความต้านทานของดินก็ยังมีค่าสูงกว่ามาตรฐานที่กำหนด ก็อาจใช้เกลือเติมลงไปในดินบริเวณที่มีการปักแท่งกราวด์ แต่ควรใช้วิธีนี้เป็นตัวเลือกสุดท้ายเนื่องจากแท่งกราวด์จะเกิดผุกร่อนเร็วเกินไป และการเติมเกลือในปริมาณที่ไม่เหมาะสมก็อาจทำให้ความต้านทานดินเพิ่มสูงขึ้น

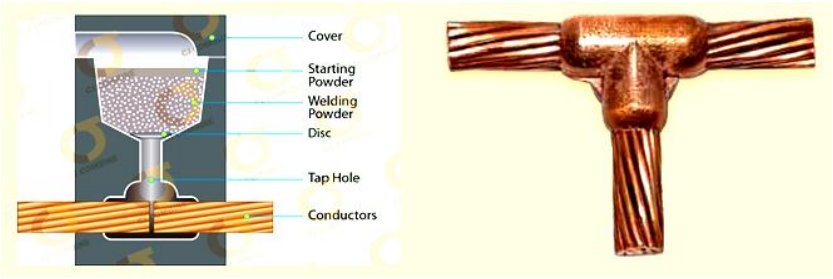
[26] สืบค้นเมื่อ 24/10/58 http://www.firefocusshop.com/product.detail_793012_th_5229104

จากรูปที่ 5.28 ภายในกล่องสำหรับทดสอบ (Test Box) ภายในกล่องจะเป็นอุปกรณ์สำหรับการตรวจสอบจำนวนครั้งของการเกิดฟ้าผ่า (Lightning Counter) ซึ่งอาจจะใช้เครื่อง Lightning Strike Recorder (LSR) ดังรูปที่ 5.29 สามารถใช้ติดตั้งภายนอกอาคารได้

รูปที่ 5.29 Lightning Strike Recorder (LSR)[27]

5.4.4 การเชื่อมต่อสายตัวนำ

การเชื่อมต่อสายตัวนำจะต้อง ระบบเชื่อมต้องสามารถรับกระแสฟ้าผ่าได้เพียงพอ ต้องมีความแข็งแรงไม่แตกหัก หรือยืดตัวเนื่องจากแรงต่าง ๆ และต้องมีความทนทานต่อการกัดกร่อนเป็นเวลานาน การเชื่อมต่อสายตัวนำที่นิยมอย่างมาก คือ การใช้ความร้อนจากปฏิกิริยาทางเคมี เรียกว่า exothermic welding หรือ thermos weld โดยเป็นการเชื่อมทองแดงเข้ากับทองแดงหรือทองแดงเข้ากับเหล็กซึ่งขบวนการความร้อนจะเกิดจากปฏิกิริยาของผงทองแดงออกไซด์กับอลูมิเนียมในเบ้ากราไฟต์ (Graphite)



รูปที่ 5.30 การเชื่อมต่อสายตัวนำโดยใช้ความร้อนจากปฏิกิริยาทางเคมี[28]

ดังรูปที่ 5.30 เมื่อเกิดการลุกไหม้แล้วจะทำให้เกิดอลูเนียมออกไซด์ (Aluminum Oxide) โดยอยู่ในรูปของ slag การทำงานจะเริ่มต้นจากเบ้ากราไฟต์ โดยตอนบนของเบ้าใช้บรรจุโลหะผงและผงเคมีสาหรับเริ่มปฏิกิริยาและมีแผ่นโลหะบางๆ วางไว้ที่ก้นกระบอกเพื่อกันไม่ให้ผงโลหะไหลลงมาตอนล่างของเบ้าซึ่งเป็น

[27] สืบค้นเมื่อ 24/10/58 http://www.08lightning.com/en/productview.asp?id=490

[28] สืบค้นเมื่อ 24/10/58 http://www.cjcombine.com/index.php?lay=show&ac=article&Id=538753691

ส่วนที่วางตัวนำที่ต้องการต่อเข้าด้วยกันเมื่อจุดไฟเริ่มปฏิกิริยาผงโลหะจะเกิดการหลอมเหลวและหลอมทองแดงพร้อมทั้งแผ่นโลหะที่รองด้านล่างทำให้ทองแดงเหลวไหลลงมาข้างล่างได้และเชื่อมต่อตัวนำเข้าด้วยกัน

5.5 การป้องกันเสิร์จสำหรับระบบไฟฟ้า

การใช้อุปกรณ์อิเลคทรอนิกส์ในโรงงานอุตสาหกรรมและในอาคารสำนักงานต่างๆ เช่น อุปกรณ์คอมพิวเตอร์ อุปกรณ์สื่อสาร หรืออุปกรณ์ที่ใช้สำหรับควบคุมเครื่องจักรในระบบขบวนการผลิต เช่น ASD หรือ PLC มักจะประสบปัญหาในเรื่องอุปกรณ์ชำรุดเสียหายจากเหตุการณ์ฟ้าผ่า หรือเกิดจากการผิดพร่อง (fault) ในระบบไฟฟ้า ด้วยจากสาเหตุมีแรงดันไฟฟ้าเกินเข้ามาในอาคารเกินกว่าที่อุปกรณ์จะสามารถทนได้ และมักจะคิดว่าระบบป้องกันฟ้าผ่าภายนอกไม่ดีพอหรือเป็นเหตุการณ์สุดวิสัยที่ไม่สามารถจะทำการป้องกันได้ ซึ่งโดยความจริงแล้วจุดประสงค์ของการป้องกันฟ้าผ่าภายนอกอาคารนั้น เพื่อป้องกันความเสียหายทางกลกับอาคารหรือสิ่งปลูกสร้างจากฟ้าผ่าเท่านั้น ซึ่งจะไม่สามารถป้องกันความเสียหายให้กับอุปกรณ์ที่อยู่ภายในอาคารเนื่องจากเสิร์จได้ ดังนั้นควรต้องมีระบบป้องกันฟ้าผ่าภายในอาคาร ซึ่งประกอบไปด้วย อุปกรณ์ป้องกันแรงดันไฟฟ้าเกิน (SPD : Surge Protection Device) มีการต่อประสานศักย์ไฟฟ้าเท่ากัน การกำบัง (Shielding) และมีการต่อลงดิน (Earthing) ที่ถูกต้อง จึงจะสามารถป้องกันไม่ให้อุปกรณ์ภายในอาคารชำรุดเนื่องจากแรงดันไฟฟ้าเกินได้

สาเหตุของการเกิดเสิร์จมีหลายสาเหตุ เช่น ปรากฏการณ์ธรรมชาติอย่างเช่น ฝนตก ฟ้าคะนอง พายุ ฟ้าผ่า และแผ่นดินไหว เป็นต้น สิ่งเหล่านี้ทำให้เกิดความผิดปกติของระบบไฟฟ้าการจ่ายพลังงานไฟฟ้า หรืออีกสาเหตุหนึ่งของการเกิดเสิร์จก็คือการเกิดสัญญาณรบกวนทางไฟฟ้า ซึ่งอาจจะเกิดจากการเปิด-ปิดสวิตช์อุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีมอเตอร์ที่ใช้พลังงานไฟฟ้ามาก ไม่ว่าจะเกิดเสิร์จจากสาเหตุใดก็ตามทั้งหมดที่กล่าวมาถือว่าไม่ส่งผลดีกับระบบไฟฟ้าเลย ดังนั้นการป้องกันเสิร์จที่อาจจะเกิดขึ้นกับระบบไฟฟ้าจึงเป็นสิ่งที่จำเป็น

อุปกรณ์ป้องกันเสิร์จ (Surge Protector) หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งก็คือ อุปกรณ์ป้องกันไฟกระชากแรงสูงชั่วขณะ จะมีชื่อเรียกอีกหลายชื่อ เช่น Surge Protection Device (SPD), Surge Suppression Equipment (SSE) และ Transient Voltage Surge Suppressor (TVSS) เป็นต้น อุปกรณ์ดังกล่าวนี้จะเป็นอุปกรณ์ที่ช่วยลดแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่สูงขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงเวลาสั้นๆ ได้ ซึ่งพลังงานที่สูงมากๆ สามารถสร้างความเสียหายต่ออุปกรณ์ไฟฟ้า อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และเครื่องมือที่ใช้ในการควบคุมการประมวลผล และอุปกรณ์ไฟฟ้าอื่นๆ อีกมากมายที่ต่ออยู่ในระบบไฟฟ้า ซึ่งอุปกรณ์ป้องกันไฟกระชากแรงสูงชั่วขณะจะมีหน้าที่หลักอยู่ด้วยกัน 2 ประการ คือ ทำให้สายดินมีค่าความต้านทานต่ำเพื่อให้แรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่สูงขึ้นกลับมาอยู่ในสภาวะปกติเช่นเดิม และทำการเหนี่ยวนำแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่สูงเกินไปยังสายดิน

5.5.1 มาตรฐานที่เกี่ยวข้องสำหรับการป้องกันเสิร์จในอาคาร

มาตรฐานที่เกี่ยวข้องสำหรับการป้องกันเสิร์จในอาคารที่ทั่วโลกนิยมใช้อ้างอิง คือมาตรฐาน IEC หรือ IEEE มาตรฐาน

มาตรฐาน IEC ที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1) มาตรฐาน IEC 61024-1 : 1990-03 : Protection of structures against lightning Part 1 : General principles

2) มาตรฐาน IEC 61312-1 : 1995-02 : Protection against lightning electromagnetic impulse Part 1 : General principles

3) มาตรฐาน IEC 61000-4-5 : 1995-02 : Electromagnetic compatibility (EMC) Part 4: Testing and measurement techniques Section 5 : Surge immunity test

4) มาตรฐาน IEC 60664-1 : 2000-04 : Insulation coordination for equipment within low voltage systems Part :1 Principles, Requirement and Tests

มาตรฐาน IEEE ที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1) มาตรฐาน IEEE C62.41-1991 IEEE Recommended practice on Surge Voltage in Low - Voltage AC Power Circuit

2) IEEE C62.45 - 1992 IEEE Guide on Surge Testing for Equipment Connected to Low – Voltage AC Power Circuit

สำหรับประเทศไทยการป้องกันแรงดันไฟฟ้าเกินในอาคาร ได้มีมาตรฐานดังกล่าวแล้วคือการป้องกันแม่เหล็กไฟฟ้าจากฟ้าผ่าของสมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์

5.5.2 การเกิดแรงดันไฟฟ้าเกินในอาคาร

แรงดันไฟฟ้าเกินที่เข้ามาในอาคารจะเป็นสาเหตุทำให้อุปกรณ์ไฟฟ้าเกิดการชำรุดเสียหาย ซึ่งเกิดจากสาเหตุของฟ้าผ่า เส้นทางที่แรงดันเกินดังกล่าวจะเข้ามาในอาคารได้ ดังนี้

1) แรงดันเกินเข้ามาทางสายไฟฟ้า สายไฟฟ้าที่ใช้สำหรับระบบงานคอมพิวเตอร์และสื่อสารจะเป็นส่วนสำคัญที่เสิร์จจะใช้เป็นทางผ่านเข้ามาในอาคารมากที่สุด โดยเสิร์จดังกล่าวจะมีสาเหตุหลักมาจากการเกิดฟ้าผ่าที่เกิดขึ้นโดยตรงหรือใกล้ระบบส่ง-จ่ายหรือจำหน่ายไฟฟ้า ซึ่งจะส่งผลทำให้เกิดเสิร์จขนาดใหญ่วิ่งตามสายไฟฟ้า หรือมีเหตุการณ์ฟ้าผ่าที่ตำแหน่งหัวล่อฟ้าใกล้กับตัวอาคารเกิดสนามไฟฟ้าขึ้นบริเวณนั้นเหนี่ยวนำระหว่างกระแสฟ้าผ่ากับสายไฟฟ้า ทำให้เกิดแรงดันเกินไหลเข้ามาในอาคาร ส่งผลเสียกับอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต่ออยู่ในระบบไฟฟ้าทำให้เกิดการชำรุด

2) แรงดันเกินเข้ามาทางสายโทรศัพท์ สายนำสัญญาณและสายในระบบสื่อสารจะเป็นอีกช่องทางหนึ่งที่กระแสเสิร์จที่เกิดจากการเหนี่ยวนำของกระแสเสิร์จจากเหตุการณ์ฟ้าผ่า ไหลเข้าไปตามสายสัญญาณโทรศัพท์ทำให้เกิดแรงดันเกินในอาคาร

3) แรงดันเกินจากการต่อระบบกราวด์หลายจุด เมื่อเกิดเหตุการณ์ฟ้าผ่าและมีกระแสฟ้าผ่าหรือเสิร์จไหลลงระบบกราวด์จุดหนึ่งซึ่งอาจจะก่อให้เกิดศักย์ไฟฟ้าสูงกว่าจุดอื่น เหตุการณ์เช่นนี้จะทำให้เกิดกระแสไหลวนขึ้นจากระบบกราวด์จุดหนึ่งผ่านอุปกรณ์ต่างๆ ไปลงกราวด์อีกจุดหนึ่ง ซึ่งจะเป็นผลทำให้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต่ออยู่ระบบเกิดความเสียหาย

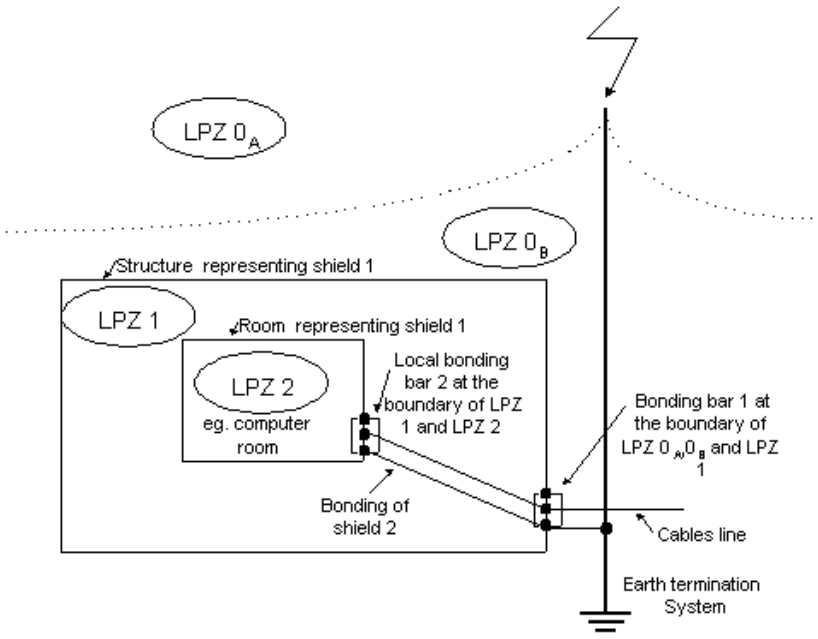
5.5.3 อุปกรณ์ป้องกันเสิร์จ (SPD : Surge Protection Device)

อุปกรณ์ป้องกันเสิร์จในอาคารมีไว้เพื่อลดหรือกำจัดกระแสไฟฟ้าหรือแรงดันไฟฟ้าเกินชั่วครู่ ตามมาตรฐาน IEC และ IEEE มีการแบ่งประเภทของอุปกรณ์ป้องกันเสิร์จตามลักษณะการทดสอบ โดยจำลองคลื่นอิมพัลส์ (Impulse) ในรูปของกระแส และแรงดันแตกต่างกันออกไป มาตรฐาน IEC 1312 - 1 - 1995 ได้กำหนดย่านการป้องกันแรงดันเกินไฟฟ้าจากฟ้าผ่า (LPZ : Lightning Protection Zone) ออกเป็นส่วนต่างๆ ภายในอาคาร และในแต่ละย่านการป้องกันจะมีการต่อประสานในแต่ละย่านการป้องกัน ดังรูปที่ 5.31 เพื่อการลดทอนของสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic field) และทำให้ศักย์ไฟฟ้าในแต่ละย่านการป้องกันมีค่าเท่ากัน ซึ่งการกำหนดย่านการป้องกันต่างๆ จะเป็นประโยชน์ต่อการออกแบบ และการเลือกใช้อุปกรณ์ป้องกันเสิร์จให้เหมาะสมกับขนาดของเสิร์จ การแบ่งย่านหรือโซน (Zone) ดังกล่าวมีรายละเอียดดังนี้

1) โซน LPZ 0A คือ โซนที่มีโอกาสที่จะถูกฟ้าผ่าโดยตรง ดังนั้นจึงรับกระแสฟ้าผ่าและคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเต็มที่

2) โซน LPZ 0B คือ โซนที่ไม่มีโอกาสรับฟ้าผ่าโดยตรง แต่ยังได้รับผลของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าโดยยังไม่มีการลดทอนจากผลของแม่เหล็กไฟฟ้าดังกล่าว

3) โซน LPZ 1 คือ โซนที่มีการสวิตชิ่ง (switching) ของอุปกรณ์ภายใน หรือจากการรับกระแสเสิร์จของการเหนี่ยวนำจากฟ้าผ่าเข้ามาตามสายตัวนำไฟฟ้า และสายสัญญาณต่างๆ และจากสนามแม่เหล็กไฟฟ้าเนื่องจากกระแสฟ้าผ่าที่เข้ามาเหนี่ยวนำวงรอบที่อยู่ในอาคาร เช่น วงรอบระหว่างระบบไฟฟ้าและระบบสื่อสาร ซึ่งสามารถลดทอนสนามแม่เหล็กดังกล่าวได้ด้วยวิธีการต่อประสาน (Bonding) และการกำบัง (Shielding) ภายในอาคาร

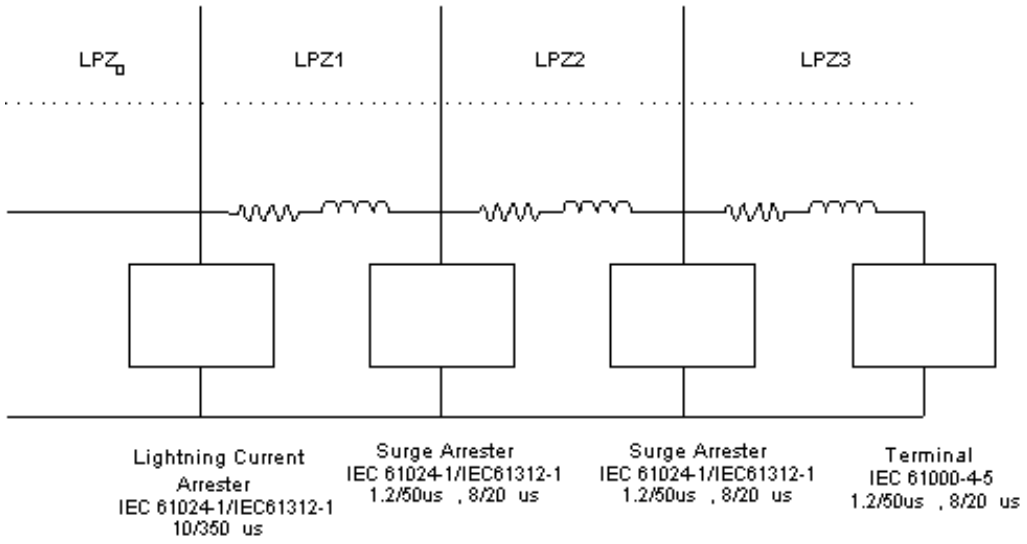


รูปที่ 5.31 การแบ่งโซนการป้องกันแรงดันเกินจากฟ้าผ่า[29]

[29] สืบค้นเมื่อ 25/10/58 http://www.pm.co.th/index.php?lay=show&ac=article&Id=539510757&Ntype=8

4) โซน LPZ 2 คือ โซนที่มีการลดกระแสและสนามแม่เหล็กไฟฟ้ามากกว่าโซนดังกล่าวข้างต้นที่กล่าวมา

มาตรฐาน IEC มีการแบ่งประเภทของอุปกรณ์ป้องกันเสิร์จตามลักษณะการทดสอบ ดังรูปที่ 5.32



รูปที่ 5.32 การแบ่งประเภทของอุปกรณ์ป้องกันเสิร์จตามลักษณะการทดสอบ[30]

สภาวะปกติอุปกรณ์ป้องกันเสิร์จจะต้องไม่ก่อให้เกิดผลที่ผิดปกติต่อระบบไฟฟ้า เช่น ไม่ก่อให้เกิดแรงดันไฟฟ้าตก (Voltage Drop) หรือเกิดสภาวะฮาร์โมนิค (Harmonic) ที่ไม่พึงประสงค์ อุปกรณ์ป้องกันเสิร์จแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ตามลักษณะการใช้งานทางด้านกำลัง (Power) และด้านการสื่อสาร (Communication) ดังนี้

1) Lightning Current Arrester ดังรูปที่ 5.33 เป็นอุปกรณ์ที่มีความสามารถในการดิสชาร์จ (Discharge) กระแสฟ้าผ่าบางส่วนที่มีขนาดพลังงานมาก โดยที่ตัวมันเองหรืออุปกรณ์ป้องกัน

รูปที่ 5.33 Lightning Current Arrester แบบ 3 Pole[31]

[30] สืบค้นเมื่อ 25/10/58 http://www.pm.co.th/index.php?lay=show&ac=article&Id=539510757&Ntype=8

[31] สืบค้นเมื่อ 25/10/58 http://www.radiantenergy.net.in/surge-protection-device.html

เสิร์จตัวอื่นๆ ไม่ได้รับความเสียหาย จะถูกทดสอบด้วยกระแสอิมพัลส์ (Impulse Current) 10/350 μs ซึ่งโดยปกติแล้วลูกคลื่นที่เกิดจากการดิสชาร์จประจุครั้งแรกของฟ้าผ่าจะมีขนาด 10 μs และมีช่วงเวลาที่คายประจุลงไป 50% ที่ 350 μs โดยที่ลักษณะของลูกคลื่นประเภทนี้จะมีพลังงานสูงมาก

2) Surge Arrester ดังรูปที่ 5.34 มีคุณสมบัติในการจำกัดแรงดันไฟฟ้าเกินไม่ให้เกินค่าที่จะทำความเสียหายแก่อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ติดตั้งภายในอาคาร จะถูกทดสอบด้วยกระแสอิมพัลส์ (Impulse Current) 8/20 μs และแรงดันอิมพัลส์ (Impulse Voltage) 1.2/50 μs โดยที่ลูกคลื่น

รูปที่ 5.34 Surge Arrester แบบ 3 Pole[32]

ขนาด 8/20 μs จะเป็นลูกคลื่นที่เกิดจากการเหนี่ยวนำทางแม่เหล็กไฟฟ้าจากฟ้าผ่า จะมีลักษณะของลูกคลื่นที่พลังงานลดทอนลงไปบางส่วนแล้ว มีช่วงเวลาคลื่น 8 μs และช่วงเวลาที่ 50% ของลูกคลื่นที่ 20 μs ลักษณะของลูกคลื่นประเภทนี้จะมีขนาดพลังงานลดลง เนื่องจากมีการป้องกันจากอุปกรณ์ Lighting Protection Zone จึงทำให้การป้องกันมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

5.5.4 อุปกรณ์ป้องกันเสิร์จทางสายตัวนำไฟฟ้า

อุปกรณ์ป้องกันเสิร์จทางสายตัวนำไฟฟ้าแบ่งออกเป็น 3 ชนิด ดังนี้

1) Air Spark Gap ดังรูปที่ 5.35 อุปกรณ์ป้องกันเสิร์จทางสายตัวนำชนิดนี้จะเป็นแบบ Lightning Current Arrest จะติดตั้งไว้ที่หน้าตู้จ่ายไฟหลัก มีคุณสมบัติในการรับกระแสฟ้าผ่าบางส่วน

รูปที่ 5.35 Air Spark Gap[33]

[32] สืบค้นเมื่อ 25/10/58 http://surge-arrester.com/product_show.asp?id=7

[31] สืบค้นเมื่อ 25/10/58 http://www.cjcombine.com/LPI/SURGE-PROTECTION-SYSTEM.html

(Partial Lightning Current) และมีความสามารถในการดับอาร์คที่เกิดจากการไหลของกระแสหลักของระบบไฟฟ้าด้วย (Main Follow Current) นอกจากนี้ยังสามารถลดแรงดันเกินที่เกิดจากเสิร์จให้เหลือน้อยจนกระทั่งอุปกรณ์ป้องกันเสิร์จตัวถัดไป (Overvoltage Arrester) ทนต่อแรงดันเสิร์จได้ ในขณะที่อุปกรณ์ป้องกันเสิร์จดังกล่าวกำลังทำงานจะมีกระแสไฟฟ้าบางส่วนจากระบบไฟฟ้าไหลลงดิน หากปล่อยให้เป็นเช่นนี้เป็นเวลานานๆ จะทำให้การลัดวงจรที่มีพลังงานจำนวนมากส่งผลให้เซอร์กิตเบรกเกอร์ทำการตัดวงจรได้ ดังนั้นการออกแบบที่ดีจึงควรควบคุม Spark Gap ให้สามารถดับอาร์คได้ในระดับหนึ่งหรือต้องตัดต้องตัดฟิวส์ป้องกันที่ตำแหน่งหน้าอุปกรณ์ป้องกันเสิร์จดังกล่าว

2) Metal Oxide Varistor เป็นอุปกรณ์ป้องกันเสิร์จแบบ Overvoltage Arrester ดังรูปที่ 5.36 จะทำการติดตั้งไว้ที่ตำแหน่งหน้าตู้จ่ายไฟหลัก หรือแผงจ่ายไฟฟ้าย่อย ทำหน้าที่จำกัดแรงดันไฟฟ้าเกินไม่ให้อุปกรณ์ตัวถัดไปเกิดความเสียหายโดยเฉพาะจำพวกอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

รูปที่ 5.36 Metal Oxide Varistor[34]

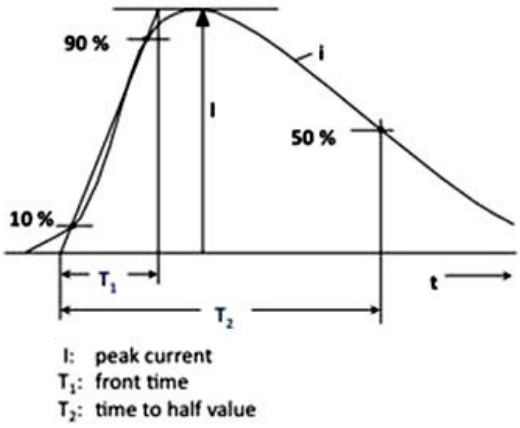
3) Hybrid Solid Stage Device จะเป็นอุปกรณ์ป้องกันเสิร์จที่มีทั้ง Zener Diode และ Gas Tube ในบางรุ่นอาจจะมีตัวกรอง (Filter) รวมอยู่ด้วย ตำแหน่งการติดตั้งจะอยู่ที่หน้าอุปกรณ์จำพวกคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์สื่อสาร

5.5.5 การเลือกขนาดอุปกรณ์ป้องกันฟ้าผ่า

มาตรฐานการป้องกันฟ้าผ่าภายในของ IEC standard รวมทั้งของวิศวกรรมสถานของประเทศไทยได้กำหนดรูปคลื่นกระแสฟ้าผ่า T1/T2 = 10/350 μs ดังรูปที่ 5.37 โดยรูปคลื่นนี้จะมีลักษณะเป็นอิมพัลส์ (Impulse) ซึ่งจะมีความยาวของรูปคลื่น 8/20 การเปรียบเทียบกระแสเสิร์จที่เกิดจากการสับปลดอุปกรณ์ไฟฟ้า (Switching surge) ประเภทมอเตอร์ไฟฟ้า (Induction load) ขนาดของอุปกรณ์ป้องกันเสิร์จที่เหมาะสม โดยมาตรฐานกำหนดให้มีระดับการป้องกัน 3 ระดับ คือ การป้องกันระดับที่ 1 มีขนาด 200 kA การป้องกันระดับที่ 2 มีขนาด 150 kA และการป้องกันระดับที่ 3-4 มีขนาด 100 kA

การเลือกขนาดอุปกรณ์ป้องกันฟ้าผ่าหรือเสิร์จ ต้องคำนึงถึงข้อมูลเกี่ยวกับขนาดกระแสฟ้าผ่าที่มีขนาดเป็นกิโลแอมแปร์ (kA) และความสำคัญของอุปกรณ์ในระบบไฟฟ้าที่ต้องการป้องกัน การออกแบบและเลือกอุปกรณ์ป้องกันที่เหมาะสมจะต้องคำนึงถึงด้านเทคนิคและด้านเศรษฐศาสตร์ ซึ่งตามมาตรฐาน

[32] สืบค้นเมื่อ 25/10/58 http://www.cjcombine.com/LPI/SURGE-PROTECTION-SYSTEM.html



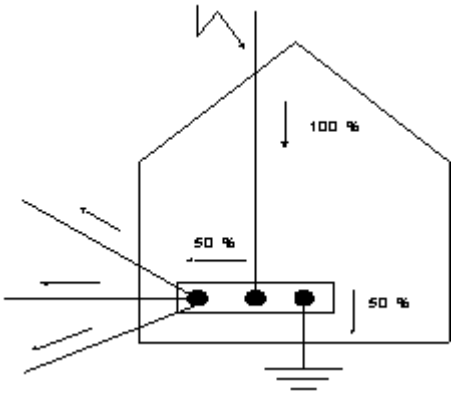
Lightning current parameters of the first stroke

Current Parameters	Protection level		
	I	II	III – IV
Peak current (kA)	200	150	100
Front time T_1 (µs)	10	10	10
Time to half value T_2 (µs)	350	350	350
Charge of the short duration stroke Q_s (C)	100	75	50
Spezific energy W/R (MJ/Ω)	10	5,6	2,5

รูปที่ 5.37 รูปคลื่นฟ้าผ่า และ Lightning current parameters[35]

IEC 1312 - 1 กำหนดกระแสฟ้าผ่าสูงสุดมีค่าถึง 200 kA ที่รูปคลื่น 10/350 µs และมาตรฐาน IEC 1024 - 1 ได้มีการแสดงให้เห็นว่าเมื่อมีฟ้าผ่าต่อสิ่งปลูกสร้างกระแสฟ้าผ่าบางส่วนจะไหลลงกราวด์ ส่วนที่เหลือจะเข้าสู่ตัวอาคารและระบบไฟฟ้า ซึ่งจะสร้างความเสียหายให้ระบบคอมพิวเตอร์ ระบบสื่อสาร และเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ จากนั้นกระแสฟ้าผ่าจะกระจายไปตามสายเฟสและสายนิวทรัล ซึ่งตามมาตรฐานได้กำหนดไว้ว่ากระที่ไหลลงกราวด์จะมีค่า 50% ของกระแสฟ้าผ่าและจะกระจายไปตามสายไฟฟ้าต่างๆ เท่าๆ กัน ดังรูปที่ 5.38 จึงอาจจะคำนวณค่ากระแสสูงสุดตามสายไฟฟ้าต่างๆ ได้ ดังนี้

สมมติระดับการป้องกันที่ระดับ 1 (Protection level 1) ซึ่งจะมีค่ากระแสสูงสุดเท่ากับ 200 kA ตามมาตรฐานกระแสจะไหลลงดิน 50% ซึ่งเท่ากับ 100 kA กระแสจะไหลเข้าสู่ระบบไฟฟ้า 100 kA ระบบไฟฟ้าเป็น 3 เฟส 4 สาย ดังนั้นกระแสฟ้าผ่าจะไหลเข้าไปในสายไฟฟ้าแต่ละเส้นเท่ากับ 100/4 เท่ากับ 25 kA ตามรูปคลื่น 10/350 µs



รูปที่ 5.38 กระแสฟ้าผ่าที่กระจายไปตามระบบต่างๆ[36]

[35] สืบค้นเมื่อ 25/10/58 http://www.bluestone.co.th/ฟ้าผ่าป้องกันได้-(หน้า-8).html

[36] สืบค้นเมื่อ 25/10/58 http://www.pm.co.th/index.php?lay=show&ac=article&Id=539510757&Ntype=8

เมื่อพิจารณาระบบไฟฟ้าของโรงงานอุตสาหกรรมและอาคารสำนักงานต่าง จะมีการต่อลงดินเป็นแบบระบบ TN-C-S ดังนั้นโอกาสที่กระแสฟ้าผ่าสูงสุดจะไหลเข้าสู่ภายในอาคารของแต่ละเฟสจะมีค่าเท่ากับ 100 kA/3 เท่ากับ 33 kA และเนื่องจากกระแสฟ้าผ่าอาจจะมีโอกาสเข้าสู่ระบบมากกว่า 50% ของกระแสฟ้าผ่า ดังนั้นการเลือกใช้อุปกรณ์ป้องฟ้าผ่าหรือเสิร์จ เพื่อใช้สำหรับติดตั้งป้องกันแรงดันไฟฟ้าเกินทางสายไฟจากภายนอกอาคารก่อนเข้าตู้จ่ายไฟหลัก สำหรับโอกาสที่เกิดฟ้าผ่ารุนแรงอาจจะเลือกใช้ขนาดไม่น้อยกว่า 50 kA ต่อเฟส เป็นอย่างต่ำ ทั้งนี้ในทางปฏิบัติการเลือกขนาดของอุปกรณ์ป้องกันดังกล่าว ต้องมีการคำนึงถึงความสำคัญของอุปกรณ์ที่ต้องการจะป้องกัน อาจเพิ่มขนาดของอุปกรณ์ป้องกัน (kA) ให้มีค่าสูงขึ้น เพื่อระดับการป้องกันที่ดีขึ้น และทำการเปรียบเทียบราคาที่ระดับ (kA) ต่างๆ โดยพิจารณาทางด้านการลงทุนด้วยการเลือกใช้อุปกรณ์ป้องกันแรงดันไฟฟ้าจากภายนอกอาคารและทางสายสัญญาณ จำเป็นต้องทราบรายละเอียดข้อกำหนด (Spec) ของอุปกรณ์ป้องกันแรงดันเกินแต่ละตัว เพื่อความสามารถในการทำงานของตัวอุปกรณ์ป้องกัน และความปลอดภัยของอุปกรณ์ที่ถูกป้องกันตามที่ออกแบบไว้ โดยมีข้อพิจารณา ดังนี้

- Norminal Voltage คือ ค่าแรงดันของระบบ เช่น 120 V, 230 VAC เป็นต้น
- Rate Voltage คือ ค่าแรงดันสูงสุดต่อเนื่องก่อนที่ตัวอุปกรณ์ป้องกันฯ จะมีการทำงาน เช่น 250 V, 275 V เป็นต้น
- Norminal Discharge Current คือ ค่ากระแสทดสอบรูปคลื่น 8/20 μs ที่ไหลผ่านตัวอุปกรณ์ป้องกัน ฯ เช่น 2.5 kA, 15 kA เป็นต้น
- Maximum Norminal Discharge Current คือ ค่ากระแสทดสอบรูปคลื่น 8/20 μs ที่ไหลผ่านตัวอุปกรณ์ป้องกันฯ ที่ตัวมันเองไม่ได้รับความเสียหาย เช่น 25 kA, 40 kA เป็นต้น
- Lightning Impulse Current คือ ค่าความสามารถของตัวอุปกรณ์ป้องกันฯ ดิสชาร์จกระแสอิมพัลส์ทดสอบรูปคลื่น 10/350 μs ที่ตัวมันเองไม่ได้รับความเสียหาย เช่น 60 kA, 75 kA, 100 kA เป็นต้น
- Protection level up (Maximum residual voltage) คือ ค่าแรงดันที่หลังจากอุปกรณ์ป้องกันฯ มีการทำงาน เช่น <2.5 kV, <4 kV เป็นต้น
- Response Time คือ ค่าการตอบสนองการทำงานของอุปกรณ์ป้องกันฯ เช่น <25 nS, <100 mS เป็นต้น และอุปกรณ์ป้องกันแรงดันไฟฟ้าเกินทางสายสัญญาณจากภายนอกอาคาร ต้องมีการพิจารณาถึงข้อกำหนด (Spec) ดังนี้ คือ แรงดันของระบบ เช่น 5, 12, 24, 48, 60 และ 110 Vdc กระแสของสัญญาณ เช่น 10, 100 mA ช่วงความถี่ เช่น VHF, UHF, Microwave พิกัดการส่งสำหรับสายสัญญาณดิจิตอล เช่น 2 Mbit / sec และค่าความต้านทานของสาย เช่น 2.2 Ω

แบบฝึกหัดบทที่ 5

เรื่อง สายล่อฟ้าแรงต่ำ

วิชา การติดตั้งไฟฟ้า 1 **รหัสวิชา** 3104-2001 **ระดับ** ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.)

ตอนที่ 1 จงเลือกคำตอบที่ถูกที่สุด และทำเครื่องหมาย X ลงในช่องของกระดาษคำตอบ

1. “ฟ้าผ่าในแบบผ่าภายในก้อนเมฆ และฟ้าผ่าจากเมฆก้อนหนึ่งไปยังเมฆอีกก้อนหนึ่ง จะทำให้เมฆเปล่งแสงกะพริบ” มีชื่อเรียกปรากฏการณ์ดังกล่าวตามข้อใด
   - ก. ฟ้าแลบ
   - ข. ฟ้าร้อง
   - ค. วาบฟ้าผ่า
   - ง. ลำฟ้าผ่า
2. ข้อใดคือลักษณะของฟ้าผ่าแบบลบ
   - ก. ฟ้าผ่าแบบผ่าจากฐานเมฆไปสู่ยอดเมฆ
   - ข. มีระยะผ่าลงบริเวณใต้เงาของเมฆฟ้าฝนคะนอง
   - ค. ฟ้าผ่าจากยอดเมฆลงสู่พื้น
   - ง. สามารถผ่าได้ไกลออกไปจากก้อนเมฆถึง 30 กิโลเมตร
3. ข้อใดคือลักษณะของฟ้าผ่าแบบบวก
   - ก. มีระยะผ่าลงบริเวณใต้เงาของเมฆฟ้าฝนคะนอง
   - ข. ฟ้าผ่าแบบผ่าจากฐานเมฆลงสู่พื้นดิน
   - ค. ฟ้าผ่าจากยอดเมฆลงสู่ฐานเมฆ
   - ง. สามารถผ่าได้ไกลออกไปจากก้อนเมฆถึง 30 กิโลเมตร
4. ข้อใดต่อไปนี้หมายถึงการเปลี่ยนแปลงของกระแส หรือแรงดันทั้ง 2 ทิศทาง เช่น การสับคาปาซิเตอร์ (Capacitor) เข้าในวงจรทำให้เกิดกระแสภาวะชั่วครู่แบบสั่น (Oscillatory Transient) ปริมาณมากในชั่วพริบตาแล้วหายไป
   - ก. Impulsive Transient
   - ข. Oscillatory Transient
   - ค. Interruption
   - ง. ข้อ ก และ ข ถูกต้อง
5. ข้อใดต่อไปนี้เป็นภาวะแรงดันมีค่าระหว่าง 0.1 - 0.9 pu. หรือเกิดการลัดวงจรในสายส่งอื่นที่มาจากสถานีไฟฟ้าย่อยเดียวกันซึ่งจะส่งผลให้แรงดันในสายส่งที่ไม่ลัดวงจรลดลงด้วย อาจจะเรียกชื่อได้ว่าเป็นการเกิดไฟกระพริบ
   - ก. Swells
   - ข. Interruption
   - ค. Sags (Dips)

ง. ข้อ ก และ ค ถูกต้อง

6. ข้อใดคือความผิดเพี้ยนของรูปคลื่นไฟฟ้าแบบ Interharmonic

ก. กระแสหรือแรงดันไฟฟ้าที่มีความถี่เป็นจำนวนเท่าที่ไม่เป็นจำนวนเต็มของความถี่ 50 Hz.

ข. ความผิดปกติทางแรงดันไฟฟ้าแบบเป็นคาบ ที่เกิดจากคอมมิวเตชั่นของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กำลัง

ค. สัญญาณรบกวนทางไฟฟ้าความถี่สูงในรูปของกระแสและแรงดัน จากอุปกรณ์ที่ใช้อิเล็กทรอนิกส์กำลัง หรือเตาหลอมไฟฟ้าที่สามารถรบกวนการทำงานของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

ง. กระแสหรือแรงดันไฟฟ้าที่มีความถี่เป็นจำนวนเท่าที่เป็นจำนวนเต็มของความถี่มูลฐาน 50 Hz. อาจเป็น 2 เท่า (100Hz.) หรือมากกว่านั้น

7. ข้อใดคือความผิดปกติที่เกิดขึ้นในชั่วพริบตา

ก. Sustained interruption

ข. Notching และ Interharmonic

ค. Harmonics

ง. Impulsive Transient

8. ข้อใดต่อไปนี้คือระบบล่อฟ้าแบบ conventional system

ก. Early Streamer Emission - Enhanced Ionizing Air Terminal

ข. Semi – Conductor Lightning Eliminator

ค. Franklins Rod

ง. Dissipation Array System

9. ข้อใดต่อไปนี้คือสาเหตุที่การติดตั้งหัวล่อฟ้าจะต้องไม่มีส่วนหนึ่งส่วนใดของแท่งตัวนำล่อฟ้าเชื่อมต่อกับตัวอาคาร

ก. เพื่อลดปริมาณกระแสฟ้าผ่าที่อาจเกิดขึ้นกับตัวอาคารและระบบไฟฟ้าในอาคาร

ข. เพื่อลดผลกระทบจากฟ้าผ่าที่อาจเกิดขึ้นกับตัวอาคารและระบบไฟฟ้าในอาคาร

ค. เพื่อลดจำนวนหัวล่อฟ้าที่จะใช้ติดตั้งกับส่วนบนสุดของตัวอาคาร

ง. ถูกทุกข้อ

10. ข้อใดคือสาเหตุที่หัวล่อฟ้าควรมีลักษณะเป็นปลายแหลม

ก. เพื่อให้การถ่ายเทประจุไฟฟ้าในอากาศได้ดี

ข. เพื่อให้กระแสฟ้าผ่าสามารถรวมตัวกันและไหลลงจุดเดียวกันที่หัวล่อฟ้า

ค. เพื่อให้สามารถลดปริมาณของกระแสฟ้าผ่าได้ดี

ง. เพื่อให้สามารถรองรับกระแสฟ้าผ่าที่มีปริมาณมากๆ ได้ดี

11. ตามมาตรฐาน UL96 หัวล่อฟ้าควรมีลักษณะตามข้อใดต่อไปนี้

ก. มีเส้นผ่าศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 3/8 นิ้ว

ข. มีความยาวไม่เกินกว่า 10 นิ้ว

ค. มีฐานกว้างไม่น้อยกว่า 1/3 นิ้วของความสูง

ง. ถูกทุกข้อ

12. ข้อใดต่อไปนี้อธิบาย Faraday cage ได้ไม่ถูกต้อง

ก. แท่งตัวนำหรือโลหะต่อเชื่อมกันเป็นตาข่าย

ข. แท่งตัวนำหรือโลหะต่อเชื่อมกันล้อมรอบวัตถุหรือสิ่งก่อสร้าง

ค. กรงฟาราเดย์จะทำให้เกิดฉนวนไฟฟ้าสถิต

ง. ความห่างของโครงแท่งตัวนำหรือโลหะที่ต่อเชื่อมกันไม่เป็นผลต่อการป้องกันฟ้าผ่า

13. ข้อใดคือหลักการหรือเหตุผลที่กระแสไฟฟ้าจะไม่เข้าไปข้างในทำให้ผู้ขับขี่หรือผู้โดยสารที่อยู่ภายในรถยนต์ปลอดภัยจากกระแสไฟฟ้า

ก. หลักการของเฟรงคลินส์ วัตถุที่มีโครงสร้างส่วนใหญ่เป็นโลหะหรือตาข่ายคลุมไว้จะกระจายพลังงานจากไฟฟ้าไปทั่วพื้นผิว

ข. หลักการของกรงฟาราเดย์ วัตถุที่มีโครงสร้างส่วนใหญ่เป็นโลหะหรือตาข่ายคลุมไว้จะกระจายพลังงานจากไฟฟ้าไปทั่วพื้นผิว

ค. หลักการของเฟรงคลินส์ วัตถุที่มีโครงสร้างส่วนใหญ่เป็นโลหะหรือตาข่ายคลุมไว้จะทำให้พลังงานไฟฟ้าเกิดการหักล้างกัน

ง. หลักการของกรงฟาราเดย์ วัตถุที่มีโครงสร้างส่วนใหญ่เป็นโลหะหรือตาข่ายคลุมไว้จะทำให้พลังงานไฟฟ้าเกิดการหักล้างกัน

14. ข้อใดต่อไปนี้คือหลักการต่อสายดินที่ไม่ถูกต้อง

ก. การต่อลงดินควรหาแนวเดินสายหรือระยะจากหัวล่อฟ้าจนถึงแท่งกราวด์ฟ้าผ่าควรให้มีระยะทางที่สั้นที่สุด

ข. ระยะจากหัวล่อฟ้าจนถึงแท่งกราวด์ฟ้าผ่าควรให้มีระยะทางที่สั้นที่สุด และเป็นแนวเส้นตรงที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้

ค. การต่อสายตัวนำลงดินควรใช้ Down-lead Support ชนิดลูกถ้วย Plastic Polymer ในการยึดสาย

ง. ควรให้ระบบนำลงดินแยกจากตัวอาคารได้โดยสิ้นเชิง

15. ข้อใดต่อไปนี้คือการทำกราวด์แบบแผ่น

ก. Multiple ground rod electrode

ข. Ground Plate

ค. Ground Grid

ง. Horizontal Ground

16. ข้อใดต่อไปนี้อธิบาย Protective angle ได้อย่างถูกต้องที่สุด

ก. วิธีที่กำหนดมุมสำหรับการป้องกันจากตำแหน่งที่สูงที่สุดของอาคาร

ข. ลักษณะพื้นที่ของการป้องกันจะเป็นรัศมีรูปวงกลม

ค. มุมป้องกันจะแปรผันตามระดับการป้องกันและความสูงของตัวอาคารถึงจุดติดตั้งหัวล่อฟ้า

ง. วิธีมุมป้องกันนี้เหมาะที่จะใช้กับสิ่งปลูกสร้างอย่างง่าย หรือเป็นส่วนเล็กๆ ของสิ่งปลูกสร้างขนาดใหญ่

17. ข้อใดคือหลักการติดตั้งหัวล่อฟ้าที่ถูกต้อง

ก. ถ้าเสามีความสูงจากฐานถึงปลายยอดไม่น้อยกว่า 10 นิ้วเหนือวัตถุที่ต้องการป้องกัน ให้วางหัวล่อฟ้าดังกล่าวเป็นระยะห่างกันทุกๆ 20 ฟุต

ข. ถ้าวางระยะห่างของหัวล่อฟ้าเกิน 35 ฟุต ความสูงของเสาต้องไม่น้อยกว่า 2 ฟุต

ค. ถ้าหัวล่อฟ้ามีความสูงไม่เกิน 2 ฟุต ต้องยึดเสาด้านข้างเพิ่มเติมที่ระยะประมาณครึ่งหนึ่งของความสูงหัวล่อฟ้า

ง. ถูกทุกข้อ

18. อุปกรณ์ป้องกันไฟกระชากแรงสูงชั่วขณะจะมีหน้าที่ตามข้อใดต่อไป

ก. ทำให้สายดินมีค่าความต้านทานต่ำ

ข. ทำให้แรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่สูงขึ้นกลับมาอยู่ในสภาวะปกติ

ค. ทำการเหนี่ยวนำแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่สูงเกินไปยังสายดิน

ง. ถูกทุกข้อ

19. ข้อใดต่อไปนี้ให้ความหมายของ LPZ 1 ได้อย่างถูกต้องที่สุด

ก. โซนที่มีโอกาสที่จะถูกฟ้าผ่าโดยตรง ดังนั้นจึงรับกระแสฟ้าผ่าและคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเต็มที่

ข. โซนที่ไม่มีโอกาสรับฟ้าผ่าโดยตรง แต่ยังได้รับผลของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าโดยยังไม่มีการลดทอนจากผลของแม่เหล็กไฟฟ้าดังกล่าว

ค. โซนที่มีการรับกระแสเสิร์จของการเหนี่ยวนำจากฟ้าผ่าเข้ามาตามสายตัวนำไฟฟ้า และสายสัญญาณต่างๆ

ง. ถูกทุกข้อ

20. ข้อใดต่อไปนี้อธิบายเกี่ยวกับ Air Spark Gap ได้<u>ไม่ถูกต้อง</u>

ก. มีคุณสมบัติสามารถรับกระแสฟ้าผ่าบางส่วน (Partial Lightning Current)

ข. มีความสามารถในการดับอาร์คที่เกิดจากการไหลของกระแสหลักของระบบไฟฟ้า (Main Follow Current)

ค. สามารถลดแรงดันเกินที่เกิดจากเสิร์จให้เหลือน้อยจนกระทั่งอุปกรณ์ป้องกันเสิร์จตัวถัดไป (Overvoltage Arrester) ทนต่อแรงดันเสิร์จได้

ง. เป็นอุปกรณ์ป้องกันเสิร์จแบบ Overvoltage Arrester ทำหน้าที่จำกัดแรงดันไฟฟ้าเกินไม่ให้อุปกรณ์ตัวถัดไปเกิดความเสียหายโดยเฉพาะจำพวกอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

<u>ตอนที่ 2</u> จงตอบคำถามต่อไปนี้

2.1 จงอธิบายกระบวนการที่ทำให้เกิดฟ้าผ่า

2.2 จงอธิบายถึงลักษณะและการทำงานของแท่งล่อฟ้าอีเอสอี (Early Streamer Emission)

2.3 จงอธิบายถึงคุณสมบัติของระบบกราวด์ที่ดี

2.4 จงอธิบายถึงระบบกราวด์แบบกราวด์ลึก

2.5 การออกแบบระบบล่อฟ้า ตามมาตรฐาน IEC 62305-3 มีอยู่ด้วยกันกี่วิธี อะไรบ้าง

2.6 จงอธิบายเกี่ยวกับการติดตั้งแท่งกราวด์ระบบล่อฟ้า (earth electrode)

2.7 จงอธิบายเกี่ยวกับอุปกรณ์ป้องกันเสิร์จ (Surge Protector)

การตรวจสอบบำรุงรักษา ระบบไฟฟ้าในอาคารและในโรงงาน

หัวข้อเรื่อง

6.1 พื้นฐานเกี่ยวกับการตรวจสอบบำรุงรักษา
6.2 การตรวจสอบบำรุงรักษาและเครื่องมือทดสอบ
6.3 การตรวจสอบบำรุงรักษาระบบไฟฟ้าในอาคาร
6.4 การตรวจสอบบำรุงรักษาระบบไฟฟ้าในโรงงาน

สาระสำคัญ

การตรวจระบบไฟฟ้าเป็นส่วนหนึ่งของการบริหารจัดการความปลอดภัยในอาคารและในโรงงาน การตรวจระบบไฟฟ้านั้นเป็นหน้าที่ของวิศวกรไฟฟ้า ช่างเทคนิคไฟฟ้า หรือ เจ้าหน้าที่ของฝ่ายวิศวกรรม ซึ่งจะเป็นไปตามกฎหมายของกระทรวงอุตสาหกรรม ตามกฎกระทรวงกำหนดมาตรการความปลอดภัยเกี่ยวกับระบบไฟฟ้าในโรงงาน พ.ศ. 2550 งานตรวจสอบและซ่อมบำรุงระบบไฟฟ้าถือว่าเป็นสิ่งที่สำคัญ เนื่องจากจะเป็นสิ่งที่จะบ่งบอกถึงความต่อเนื่องของแรงดันไฟฟ้า โดยเฉพาะในเรื่องของความปลอดภัย สำหรับงานตรวจสอบและซ่อมบำรุงระบบไฟฟ้าในโรงงานถือเป็นหัวใจสำคัญของระบบการผลิต เพื่อให้ระบบไฟฟ้าสามารถใช้งานได้ยาวนาน และมีความเชื่อถือได้ งานบำรุงรักษาระบบไฟฟ้าที่ดีคือการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน สิ่งสำคัญของการบำรุงรักษาเชิงป้องกันคือการตรวจสอบสภาพเพื่อให้ทราบว่าระบบหรืออุปกรณ์มีร่องรอยการเสื่อมสภาพหรือไม่ มีสภาพที่ต้องการการบำรุงรักษาหรือไม่ ในการตรวจสอบสามารถทำได้ 2 แบบ คือการตรวจสอบด้วยสายตา (Visual Inspection) และการตรวจสอบด้วยเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า ซึ่งผู้ตรวจสอบจะต้องมีความรู้ในการใช้เครื่องมือวัดและการวิเคราะห์ผลด้วย

สมรรถนะประจำหน่วยการเรียนรู้

เลือกใช้เครื่องมือและวิธีสำหรับการตรวจสอบบำรุงรักษาระบบไฟฟ้าในอาคารและในโรงงานได้ถูกต้องเหมาะสม

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. จุดประสงค์ทั่วไป

1.1 เพื่อให้มีความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการตรวจสอบบำรุงรักษา
1.2 เพื่อให้มีความรู้เกี่ยวกับการตรวจสอบบำรุงรักษาและเครื่องมือทดสอบ
1.3 เพื่อให้มีความรู้เกี่ยวกับการตรวจสอบบำรุงรักษาระบบไฟฟ้าในอาคาร
1.4 เพื่อให้มีความรู้เกี่ยวกับการตรวจสอบบำรุงรักษาระบบไฟฟ้าในโรงงาน

2. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

2.1 อธิบายพื้นฐานเกี่ยวกับการตรวจสอบบำรุงรักษาได้

2.2 อธิบายการตรวจสอบบำรุงรักษาและเครื่องมือทดสอบได้

2.3 ระบุการตรวจสอบบำรุงรักษาระบบไฟฟ้าในอาคารได้

2.4 ระบุการตรวจสอบบำรุงรักษาระบบไฟฟ้าในโรงงานได้

การตรวจสอบบำรุงรักษา ระบบไฟฟ้าในอาคารและในโรงงาน

6.1 พื้นฐานเกี่ยวกับการตรวจสอบบำรุงรักษา

IEC Pub1 271 ได้ให้คำนิยามเกี่ยวกับการบำรุงรักษาไว้ดังนี้ การบำรุงรักษาเป็นการผสมผสานกันของการทำงานด้านเทคนิค และการจัดการเพื่อคงไว้ซึ่งสภาพของอุปกรณ์ หรือการฟื้นฟูสภาพของอุปกรณ์ให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งานตลอดเวลา (Preventive Maintenance) จากคำนิยามดังกล่าวถ้าเราพิจารณาดูจะพบว่า การบำรุงรักษามิใช่เป็นงานทางด้านเทคนิคเพียงอย่างเดียว หรือเป็นการบำรุงรักษาที่ถูกวิธีและในช่วงเวลาที่เหมาะสมเท่านั้น แต่จะต้องพิจารณาในด้านการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุด ประหยัด และมีความปลอดภัยต่อบุคลากรที่ต้องเข้าไปเกี่ยวข้องด้วย

6.1.1 ประโยชน์ของการบำรุงรักษา

ประโยชน์ของการบำรุงรักษาพอจะสรุปได้เป็นข้อๆ ดังนี้

1) เพื่อทำให้อุปกรณ์คงอยู่ในสภาพพร้อมใช้งานตลอดเวลา คือการบำรุงรักษาที่กระทำก่อนที่อุปกรณ์จะชำรุด

2) เพื่อแก้ไขซ่อมแซมอุปกรณ์ที่ชำรุดให้กลับมาอยู่สภาพพร้อมใช้งาน

3) เพื่อความไว้วางใจหรือน่าเชื่อถือ (Reliability) ในการใช้งานอุปกรณ์เครื่องจักรนั้น , ช่วยเพิ่มความพร้อม (Availability) ของโรงจักรและระบบจ่ายกระแสไฟ (Maintainability) และเพิ่มการใช้กระแสไฟฟ้าให้มีประสิทธิภาพ

4) เพื่อลดค่าใช้จ่ายการซ่อมบำรุงจากการซ่อมบำรุงรักษาที่มากไปบ้างน้อยไปบ้าง เมื่องานซ่อมบำรุงมีระบบมีการวางแผนที่เหมาะสม เช่น การจัดสรรกำลังคน วัสดุ อะไหล่รวมทั้งระยะเวลาการซ่อมให้เป็นไปอย่างรัดกุมและมีประสิทธิภาพ เป็นต้น สิ่งเหล่านี้จะสามารถควบคุมค่าใช้จ่ายและลดความสิ้นเปลืองลงได้

5) เพื่อลดจำนวน หรือความถี่จากการขัดข้องเสียหายของอุปกรณ์เครื่องใช้ โดยการใช้ระบบการบำรุงรักษาแบบป้องกัน (Preventive Maintenance) มีการวางแผนงานล่วงหน้าตามระยะเวลาที่เหมาะสม เพื่อซ่อมบำรุงอุปกรณ์เครื่องจักร ก่อนที่จะมีเหตุทำให้เกิดความเสียหายหรือขัดข้องขึ้นในระหว่างการปฏิบัติงาน

6) เพื่อลดจำนวนงานที่ค้าง (Backlog) การวางแผนงานที่ดีที่เหมาะสมจะทำให้งานสำเร็จเสร็จสิ้นตามเป้าหมายตามระยะเวลาที่กำหนด จำนวนงานที่ค้างไว้ก็น้อยลงหรือไม่มีเลย

6.1.2 การบำรุงรักษาแบบป้องกัน (Preventive Maintenance)

การบำรุงรักษาแบบป้องกัน เป็นการบำรุงรักษาที่จะทำเมื่อถึงระยะเวลาหนึ่งที่กำหนดไว้ หรือเมื่อถึงเกณฑ์กำหนด เช่น เมื่อครบจำนวนครั้งของการทำงาน เป็นต้น โดยมีจุดประสงค์เพื่อลดโอกาสขัดข้อง หรือการลดลงของสมรรถนะในการทำงานของอุปกรณ์ เครื่องมือ เครื่องจักร

การบำรุงรักษาแบบป้องกันนี้โดยทั่วไปมักจะดำเนินการตามระยะเวลาที่แน่นอนตายตัวมีการกำหนดระยะเวลาในการบำรุงรักษา โดยส่วนมากมักจะเป็นตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิตซึ่งจะระบุมากับคู่มือในการใช้งาน มักจะพบว่าเป็นการบำรุงรักษาที่เกิดจากความจำเป็นสำหรับอุปกรณ์บางส่วน ในขณะที่อุปกรณ์บางส่วนจะไม่ค่อยได้รับการบำรุงรักษาที่เพียงพอ ในทางปฏิบัติระยะเวลาในการบำรุงรักษาแบบป้องกันของอุปกรณ์แต่ละตัวนั้นจะขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น สภาพการใช้งาน สภาพแวดล้อม ตลอดจนอายุของอุปกรณ์นั้นๆ เป็นต้น

1) การบำรุงรักษาแบบป้องกันประกอบด้วยลักษณะงานต่างๆ ดังนี้

1.1 การตรวจตรา (Inspection) เป็นการบำรุงรักษาที่กระทำอย่างสม่ำเสมอเป็นประจำในลักษณะของการใช้ประสาทสัมผัส เช่น ตาดู หูฟัง จมูกดมกลิ่น เป็นต้น ตลอดจนการใช้เครื่องมือวัดค่าต่างๆ ในขณะที่อุปกรณ์นั้นใช้งานอยู่ ความถี่ในการตรวจตราอาจจะเป็นทุกวันจนถึงทุกเดือนทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับคำแนะนำของบริษัท ประสบการณ์ของผู้ปฏิบัติงาน และความสำคัญของอุปกรณ์หรือเครื่องจักรนั้นๆ

1.2 การตรวจสอบการทำงาน (Function checking) เป็นการบำรุงรักษา เพื่อให้มั่นใจว่าอุปกรณ์นั้นยังสามารถทำงานได้ตามปกติ ความถี่ในการตรวจสอบการทำงานมักจะทำทุก 6 เดือน หรือทุกๆ 1 ปี ขึ้นอยู่กับชนิดของอุปกรณ์และลักษณะการใช้งาน การบำรุงรักษาในลักษณะนี้จะประกอบด้วย การตรวจตราสภาพทั่วๆ ไป การทดลองการทำงานการ การหล่อลื่นและทำความสะอาด การปรับแต่งหรือการตั้งค่า (Setting) ของอุปกรณ์หรือการตรวจสอบการตั้งค่าให้อยู่ในมาตรฐานหรืออยู่ในเกณฑ์ของการตั้งค่า เป็นต้น

1.3 การบริการ (Servicing) เป็นการบำรุงรักษาเพื่อแก้ไขการเสื่อมสภาพของอุปกรณ์อันเนื่องจากการใช้งานมานาน ตลอดจนการแก้ไขความบกพร่องที่ตรวจพบในระหว่างการตรวจสอบการทำงาน ความถี่ในการบริการนั้นมีช่วงตั้งแต่ 5 – 20 ปี ขึ้นอยู่กับสภาพการใช้งาน ผลจากการตรวจสอบการทำงาน และรวมทั้งการทดสอบทางไฟฟ้าด้วย การบำรุงรักษาในลักษณะนี้ จะประกอบด้วยการตรวจสอบ การถอดทำความสะอาด การเปลี่ยนชิ้นส่วนที่หมดอายุ หรือชำรุดสึกกร่อน และรวมทั้งการทดสอบทางไฟฟ้าด้วย

2) จุดมุ่งหมายของการบำรุงรักษาแบบป้องกัน (Preventive Maintenance) มีจุดมุ่งหมายของการบำรุงรักษาในด้านต่าง ๆ ดังนี้

2.1 เพื่อให้อุปกรณ์ เครื่องมือ เครื่องจักร อยู่ในสภาพความพร้อมและเพื่อสร้างความมั่นใจให้กับพนักงานหรือผู้ปฏิบัติงานในการใช้งานอุปกรณ์ดังกล่าว และยังเป็นการลดเวลาการหยุดเครื่องจักรอันเนื่องจากเหตุฉุกเฉินของการผลิตแบบต่อเนื่อง นอกจากนี้ยังสามารถรับรู้ถึงสภาพความเสื่อมของอุปกรณ์ เครื่องมือ เครื่องจักรได้อีกด้วย

2.2 เพื่อเป็นการลดค่าใช้จ่ายจากการทำงานล่วงเวลา (Overtime) อันเนื่องมาจากการซ่อมฉุกเฉิน ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาแบบป้องกันมีค่าต่ำกว่าค่าสูญเสีย ในการหยุดการผลิตจากการซ่อมฉุกเฉิน ไม่ต้องมีอุปกรณ์สำรอง (Stand By) มาก

2.3 เพื่อลดปริมาณการใช้ทรัพยากรบุคคล เนื่องจากการซ่อมฉุกเฉินลดลง ทำให้ไม่ต้องใช้บุคลากรมาก ควบคุมเกี่ยวกับการหาชิ้นส่วนได้ง่ายขึ้น นอกจากนี้ยังส่งผลต่อปริมาณการสำรองอุปกรณ์เพื่อการซ่อมแซม ซึ่งปริมาณก็จะลดลงตามไปด้วย

2.4 เพื่อความปลอดภัย การปฏิบัติงานของพนักงานมีความปลอดภัยยิ่งขึ้น เครื่องมือเครื่องจักรก็จะเกิดความปลอดภัยเช่นกัน

2.5 เพื่อความสะดวกในการตั้งงบประมาณล่วงหน้า เนื่องจากเราสามารถที่จะทราบล่วงหน้าเกี่ยวกับระยะเวลา อุปกรณ์สำรองสำหรับการซ่อมหรือเปลี่ยนอุปกรณ์ชิ้นส่วนต่างๆ ตามระยะเวลา

3) ลำดับขั้นการวางแผนงานการบำรุงรักษาแบบป้องกัน ในขั้นแรกของการจัดลำดับจะต้องเริ่มต้นจากการศึกษาและคัดเลือกอุปกรณ์ เครื่องมือ เครื่องจักร หลังจากนั้นถึงจะทำการขั้นตอนในการปฏิบัติงานต่อไป รายละเอียดดังนี้

3.1 คัดเลือกอุปกรณ์ที่จะทำการบำรุงรักษาแบบป้องกัน โดยมีหลักการ คือ จะต้องเป็นอุปกรณ์ที่มีความสำคัญ ถ้าหากมีอุปกรณ์สำรองก็อาจไม่ต้องทำ แต่ถ้าค่าใช้จ่ายจากการซ่อมแซมอุปกรณ์หากเกิดการชำรุด (Breakdown Cost) มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่สูง ก็ควรจะต้องทำการบำรุงรักษาแบบป้องกัน แต่ถ้าหากพิจารณาแล้วว่ามีปัจจัยที่มีผลกระทบทางด้านลบกับการบำรุงรักษาแบบป้องกันก็ไม่ควรที่จะดำเนินการ ซึ่งปัจจัยดังกล่าวมีอยู่ด้วยกัน 2 กรณี คือ กรณีมีค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาแบบป้องกัน (Preventive Maintenance Cost) สูง และเมื่อทำการบำรุงรักษาแบบป้องกันแล้วไม่สามารถลดปัญหาการสึกหรอ (Wear Out) ก็ไม่ควรทำการบำรุงรักษาแบบป้องกัน และกรณีที่อุปกรณ์จะล้าสมัยก่อนเวลาเสียหายก็ไม่จำเป็นต้องทำการบำรุงรักษาแบบป้องกัน

3.2 กำหนดมาตรฐานการปฏิบัติงาน (Standard of work) หลังจากมีการศึกษาอุปกรณ์ เครื่องมือ เครื่องจักร ที่จำเป็นต้องมีการบำรุงรักษาแบบป้องกันแล้ว ในลำดับต่อไปก็จะต้องดำเนินการในอีก 3 ขั้นตอน คือ การกำหนดกรรมวิธีและขั้นตอนในการตรวจสอบ การกำหนดรายละเอียดจุดที่จะตรวจสอบ และผลที่จะได้เพื่อนำมาทำการเปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังการบำรุงรักษาแบบป้องกัน

3.3 การวางแผนการใช้ทรัพยากรและจัดทำตารางการปฏิบัติงาน (Resource Planning & Scheduling) การดำเนินงานในขั้นตอนนี้จะเป็นการจำแนกและระบุผู้ปฏิบัติงาน การกำหนดตารางเวลาในการปฏิบัติงาน รวมไปถึงการการระบุชนิดของเครื่องมือและอุปกรณ์สำรองหรืออะไหล่ที่จะต้องใช้ในการปฏิบัติงานแต่ละงาน

3.4 การดำเนินงานและการบันทึกผลการปฏิบัติงาน (Execute & Record) ในขั้นตอนนี้จะนำแผนการดำเนินงานในขั้นตอนก่อนหน้านี้มาปฏิบัติ และจะต้องมีการบันทึกผลการปฏิบัติงานเพื่อเก็บเป็นข้อมูลการบำรุงรักษาต่อไป

3.5 การตรวจสอบและปรับแต่งแผนการบำรุงรักษาแบบป้องกันเป็นระยะๆ เพื่อให้มีประสิทธิภาพสูงสุดและส่งผลดีกับระบบดังนี้ สามารถใช้ประโยชน์ (Availability) ของอุปกรณ์ได้อย่าง

สูงสุด การใช้กำลังคนสม่ำเสมอตลอดทั้งปี และค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาแบบป้องกัน (Preventive Maintenance Cost) ต่ำ

4) การจัดกลุ่มการบำรุงรักษาแบบป้องกัน (Preventive Maintenance Grouping) คือการบำรุงรักษาป้องกันซึ่งรวบรวมงานที่สัมพันธ์ในระหว่างในแผนกต่างๆ เข้าเป็นกลุ่มของงาน โดยมีหลักในการจัดกลุ่ม ดังนี้

4.1 งานที่ใช้เวลาและมีการใช้ทรัพยากร (Resource) น้อย สามารถทำได้วันละหลายอุปกรณ์ เช่น งานวัดการสั่นสะเทือน (Vibration), งานตรวจสอบน้ำมัน, งานตรวจสอบอุปกรณ์ เป็นต้น

4.2 งานบำรุงรักษาแบบป้องกันของส่วนประกอบ (Component) ใดๆ ที่ต้องทำระหว่างหยุดการทำงานของอุปกรณ์ เครื่องจักร และมีคาบเวลาใกล้เคียงกันให้รวมมาทำพร้อมกัน

5) ประโยชน์จากการจัดกลุ่มการบำรุงรักษาแบบป้องกัน พอสรุปได้ดังนี้

5.1 ลดเวลา และการทำงานซ้ำซ้อนของคนแต่ละหน่วยงานในขั้นตอนต่างๆ ดังนี้ การเตรียมงาน, การเดินทางและขออนุญาตดำเนินการ, การจัดแยกอุปกรณ์, การบริการ และการทดสอบ

5.2 เกิดการประสานงานกันในการดำเนินงาน

5.3 มีความปลอดภัยสูง เพราะจัดเตรียมใบอนุญาตสำหรับช่วงเวลาในการปฏิบัติงาน (Clearance Permit) ร่วมกันไว้ล่วงหน้า

5.4 ลดขนาดหรือจำนวนคน (Crew Size) ในการปฏิบัติงาน และปริมาณของเครื่องมือลงได้ ซึ่งเหล่านี้เป็นผลที่ได้มาจากขั้นตอนของการจัดกลุ่มการบำรุงรักษาแบบป้องกัน โดยการจัดสรร (Allocate) จากชุดที่ปฏิบัติหน้าที่ระหว่างส่วนประกอบ (Component) ต่างๆ ในอุปกรณ์ (Equipment) เครื่องมือ เครื่องจักรเดียวกัน

5.5 สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีกำหนดงานเสร็จสอดคล้องกันตามขั้นตอนการทำงาน ทำให้สามารถใช้ประโยชน์ (Availability) ของอุปกรณ์ได้อย่างสูงสุด

6.1.3 การบำรุงรักษาแบบแก้ไข (Corrective maintenance)

การบำรุงรักษาแบบแก้ไข หรือบ้างก็เรียกว่าเป็นการทำงานภายใต้สภาวะของอุปกรณ์ที่ชำรุด (Run to Failure) เป็นวิธีการธรรมดาที่สุดและมีข้อจำกัดที่เห็นได้ชัด และในทุกๆ อุตสาหกรรมยังใช้กลยุทธ์การบำรุงรักษาแบบนี้อยู่ โดยจะดำเนินการก็ต่อเมื่ออุปกรณ์นั้นชำรุดเสียหายจนทำให้ต้องหยุดเครื่องหรือหยุดทำการผลิต หรือเกิดข้อขัดข้องเสียหายในขณะที่เครื่องจักรกำลังทำงานอยู่โดยไม่ทราบมาก่อนว่าจะเกิดการชำรุดเสียหายขึ้น และเมื่อเกิดขึ้นแล้วทำให้ต้องหยุดเครื่องจักรเพื่อทำการซ่อมแซมหรือเปลี่ยนชิ้นส่วนที่ชำรุดเสียหาย โดยส่วนใหญ่จะใช้กับเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่ไม่มีผลกระทบกับสายการผลิต ถ้าหากเกิดการเสียหายขึ้น เช่น หลอดไฟแสงสว่าง อุปกรณ์สำนักงาน ข้อดีของการบำรุงรักษาแบบแก้ไขแบบนี้ก็คือ ได้ใช้ประโยชน์จากอายุการใช้งานของเครื่องจักรอย่างคุ้มค่า ไม่ต้องเสียกำลังคนและค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา แต่ในบางครั้งก็ไม่สามารถวางแผนและกำหนดระยะเวลาในการซ่อมแซม หรือเปลี่ยนชิ้นส่วนได้ บางครั้งจำเป็นจะต้องเร่งรีบในการทำการซ่อมแซม จึงทำให้คุณภาพของ

งานออกมาไม่ค่อยดีและเมื่อเกิดการเสียหายแล้วมักจะค่อนข้างรุนแรง การซ่อมแซมจะเสียค่าใช้จ่ายสูงกว่าปกติ อย่างไรก็ตาม การบำรุงรักษาแบบแก้ไขจะมีค่าใช้จ่ายเกิดขึ้น บางครั้งถ้าอุปกรณ์บางส่วนต้องทำการซ่อมแซม ค่าใช้จ่ายสำหรับการเปลี่ยนอะไหล่อย่างเดียวก็มีมากมายอยู่แล้ว ซึ่งค่าใช้จ่ายดังกล่าวนี้ยังไม่รวมถึงประเด็นด้านความปลอดภัย สุขภาพ และสิ่งแวดล้อม (Safety Health and Environment) อันสืบเนื่องจากอุปกรณ์ไม่สามารถทำงานได้ตามปรกติ

1) การบำรุงรักษาแบบแก้ไขแบ่งได้เป็น 2 ชนิด ดังนี้

1.1 การบำรุงรักษาแบบแก้ไขชนิดที่สามารถวางแผนสำหรับการแก้ไขได้ (Plan Corrective Maintenance) ถ้าการขัดข้องหรือชำรุดนี้เป็นการขัดข้องของอุปกรณ์ เครื่องมือ เครื่องจักรส่วนน้อยซึ่งไม่ส่งผลกระทบต่อการทำงานของอุปกรณ์หลัก หรือต่อขบวนการผลิตมากนัก การแก้ไขก็อาจจะดำเนินการในภายหลัง โดยจะมีการเตรียมการต่างๆ ทางด้านกำลังคน วัสดุและเครื่องมือไว้ พร้อมกับการวางแผนเพื่อนำชิ้นส่วน อุปกรณ์ที่ชำรุดนั้นออกมาทำการแก้ไขในจังหวะหรือโอกาสที่เหมาะสม แต่ถ้าหากการขัดข้องหรือชำรุดเสียหายนั้นมีผลกระทบที่รุนแรงต่อการทำงานของอุปกรณ์นั้น หรือต่อกระบวนการผลิตแล้วการแก้ไขจะต้องดำเนินการในทันที ซึ่งมักจะต้องใช้กำลังคนและเวลาตลอดจนค่าใช้จ่ายต่างๆ มากกว่าการแก้ไขที่สามารถวางแผนได้

1.2 การบำรุงรักษาแบบแก้ไขที่จะต้องดำเนินทันที (Breakdown Maintenance) การบำรุงรักษาแบบแก้ไขมีสิ่งที่ต้องคำนึงถึงในการบำรุงรักษาแบบนี้ คือ การสำรองอะไหล่ว่าจะต้องสำรองส่วนใดจำนวนเท่าไหร่ ซึ่งจะต้องคำนึงถึงความจำเป็น รวมไปถึงความคุ้มค่า และสถิติของการชำรุด ผู้ที่จะทำหน้าที่ปฏิบัติงานในดำเนินงานซ่อมแซมก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่จะต้องคำนึงถึงว่าจะใช้บุคลากรจากภายใน หรือจากภายนอก สิ่งสุดท้ายที่ต้องคำนึงถึงก็คือนโยบายทางด้านคุณภาพและความน่าเชื่อถือของระบบ การบำรุงรักษาแบบนี้จะทำเมื่อเกิดการชำรุดเสียหายที่ส่งผลกระทบอย่างรุนแรงต่อการทำงาน หรืออุปกรณ์นั้นๆ หรือต่อกระบวนการผลิต แล้วการแก้ไขต้องดำเนินการในทันที ซึ่งมักต้องใช้กำลังคน เวลาตลอดจนค่าใช้จ่ายต่างๆ มากกว่าการแก้ไขที่สามารถวางแผนได้

2) การชำรุดและการเสื่อมสภาพของอุปกรณ์ เครื่องมือ เครื่องจักรต่างๆ เมื่อพิจารณาในด้านของโอกาสที่สิ่งของดังกล่าวจะเกิดการชำรุดและเสื่อมสภาพ ดังนี้

2.1 การชำรุดแล้วเราสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

- กลุ่มที่โอกาสชำรุดไม่แน่นอน (Random Failure) อุปกรณ์ เครื่องมือ เครื่องจักรที่จัดอยู่ในประเภทนี้โอกาสที่จะชำรุดไม่ขึ้นอยู่กับอายุการใช้งาน อาจจะชำรุดเมื่อไรก็ได้ เราไม่สามารถคาดคะเน หรือประมาณอายุการใช้งานได้

- กลุ่มที่โอกาสชำรุดที่แน่นอน (Regular Failure) อุปกรณ์ เครื่องมือ เครื่องจักรที่จัดอยู่ในประเภทนี้เมื่อมีอายุการใช้งานถึงจุดๆ หนึ่ง จะมีโอกาสชำรุดสูงเราสามารถคาดคะเนหรือประมาณระยะเวลาหรืออายุการใช้งานได้

2.2 การเสื่อมสภาพ ลักษณะการเสื่อมสภาพแบ่งออกเป็น 2 แบบ ดังนี้

- แบบค่อยๆ เสื่อมสภาพ แบบนี้จะมีระยะเวลาในการพัฒนาตัวของการเสื่อมสภาพ (With Failure Developing Time) สิ่งของต่าง ๆ ในประเภทนี้ก่อนที่จะชำรุด จะแสดงอาการ

ก่อน เช่น มีความร้อนสูง, มีการสั่น หรือมีเสียงดังผิดปกติ ซึ่งระยะเวลาที่แสดงอาการนั้นอาจจะสั้นหรือยาวขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของอุปกรณ์ เครื่องมือ เครื่องจักรนั้นๆ สิ่งของในประเภทนี้เราอาจสามารถตรวจสอบความผิดปกติได้ก่อนที่สิ่งของนั้นจะชำรุดได้

- แบบเสื่อมสภาพทันทีทันใด การเสื่อมสภาพในลักษณะนี้จะไม่มีระยะเวลาในการพิจารณาการเสื่อมสภาพ (Without Failure Developing Time) อุปกรณ์ เครื่องมือ เครื่องจักรในประเภทนี้จะชำรุดทันทีโดยไม่แสดงอาการให้ปรากฏก่อนที่จะชำรุด ทำให้ไม่สามารถตรวจสอบความผิดปกติที่เริ่มเกิดขึ้นก่อนการชำรุดได้

2.3 โอกาสและการเสื่อมสภาพของอุปกรณ์ เครื่องมือ เครื่องจักร เราสามารถแบ่งโอกาสสิ่งของต่างๆ ออกเป็น 4 จำพวกด้วยกัน คือ

- อุปกรณ์ เครื่องมือ เครื่องจักร ที่มีโอกาสชำรุดที่แน่นอน และมีลักษณะการเสื่อมสภาพแบบค่อยๆ เสื่อม (Regular Failure with Failure Developing Time)

- อุปกรณ์ เครื่องมือ เครื่องจักร ที่มีโอกาสชำรุดที่แน่นอน และมีลักษณะการเสื่อมสภาพแบบทันทีทันใด (Regular Failure without Failure Developing Time)

- อุปกรณ์ เครื่องมือ เครื่องจักร ที่มีโอกาสชำรุดไม่ที่แน่นอน และมีลักษณะการเสื่อมสภาพแบบค่อย ๆ เสื่อม (Random Failure with Failure Developing Time)

- อุปกรณ์ เครื่องมือ เครื่องจักร ที่มีโอกาสชำรุดที่ไม่แน่นอน และมีลักษณะการเสื่อมสภาพแบบทันทีทันใด (Random Failure without Failure Developing Time)

สรุปแล้วการบำรุงรักษาจะประกอบด้วยการบำรุงรักษาแบบป้องกัน และการบำรุงรักษาแบบแก้ไขผสมผสานกันไป การบำรุงรักษาแบบป้องกันนั้น เป็นการบำรุงรักษาที่สามารถวางแผนล่วงหน้าได้ ในขณะที่การบำรุงรักษาแบบแก้ไขจะมีทั้งแบบสามารถวางแผนได้ และแบบที่จะต้องดำเนินการในทันที สำหรับเป้าหมายของการบำรุงรักษาจะพยายามทำให้งานบำรุงรักษาแบบแก้ไขชนิดที่ต้องดำเนินการในทันทีมีน้อยที่สุด การที่จะบรรลุเป้าหมายดังกล่าวได้นั้น อุปกรณ์ เครื่องมือ เครื่องจักรจะต้องได้รับการบำรุงรักษาแบบป้องกันในช่วงจังหวะหรือโอกาสที่เหมาะสม ตามสภาพการใช้งาน และจะต้องเป็นการบำรุงรักษาที่ถูกวิธี ตามระยะเวลาที่บริษัทผู้ผลิตกำหนด ดังนั้นการวางแผนงานการบำรุงรักษาจึงเป็นปัจจัยสำคัญซึ่งจะช่วยทำให้บรรลุวัตถุประสงค์หลักที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น คือ การบำรุงรักษาเป็นการผสมผสานกันของการทำงานด้านเทคนิค และการจัดการเพื่อคงไว้ซึ่งสภาพของอุปกรณ์ เครื่องมือ เครื่องจักร หรือการฟื้นฟูสภาพของอุปกรณ์ เครื่องมือ เครื่องจักร ให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งานตลอดเวลา

6.2 การตรวจสอบบำรุงรักษาและเครื่องมือทดสอบ

อุปกรณ์ไฟฟ้าทุกชนิดเมื่อผ่านการใช้งานในระยะเวลาหนึ่งอาจจะเสื่อมสภาพ ชำรุดเสียหายทำให้ประสิทธิภาพการทำงานลดลง หรือบางครั้งไม่สามารถใช้งานได้เช่นเดิม จึงเป็นหน้าที่ของช่างไฟฟ้าต้องเข้าไปดูแลบำรุงรักษาให้มีประสิทธิภาพดีขึ้นจนสามารถใช้งานได้ ถ้าหากว่าไม่สามารถดำเนินการแก้ไขได้

อาจจะต้องเปลี่ยนอุปกรณ์อันใหม่เข้าไปแทน เพื่อให้ระบบไฟฟ้ามีความปลอดภัย พ้นจากสภาวะผิดปกติ ทำให้เกิดความผิดพร่องในการทำงานหรือที่เรียกว่า ฟอลต์ (fault)

การตรวจสอบอุปกรณ์ เครื่องมือ เครื่องจักรก็เพื่อให้มีสภาพพร้อมใช้งานเพื่อความปลอดภัยในการใช้ไฟฟ้า โดยเราสามารถใช้หลักการในการซ่อมบำรุงมาเป็นหลักปฏิบัติ เริ่มต้นจากการกำหนดหัวข้อการตรวจสอบ การบันทึกผล การวิเคราะห์ผล แล้วนำข้อมูลดังกล่าวมาวางแผนในซ่อมบำรุง อีกทั้งยังสามารถเก็บไว้เป็นประวัติในการซ่อมบำรุง การตรวจสอบสามารถแบ่งออกได้เป็นการตรวจสอบด้วยประสาทสัมผัส และการตรวจสอบด้วยเครื่องมือตรวจวัดทางไฟฟ้า การตรวจสอบอุปกรณ์ไฟฟ้าได้แก่ การตรวจสอบ การซ่อมบำรุงระบบไฟฟ้าภายในอาคารและภายนอกอาคาร โดยเฉพาะอุปกรณ์ที่มีการเคลื่อนที่ของหน้าสัมผัส ได้แก่เซอร์กิตเบรกเกอร์แรงต่ำ รีเลย์ป้องกันทางไฟฟ้า ส่วนอุปกรณ์ที่ไม่มีการเคลื่อนที่ขณะทำงานประกอบด้วยการตรวจสอบฉนวนของสายไฟฟ้า หม้อแปลงไฟฟ้า เป็นต้น

6.2.1 การตรวจสอบด้วยประสาทสัมผัส

การตรวจสอบระบบไฟฟ้าด้วยประสาทสัมผัส สามารถตรวจสภาพการทำงานโดยการดูสภาพความผิดปกติของอุปกรณ์ไฟฟ้า เช่น กลิ่น เสียง หรือแม้กระทั่งการสัมผัส เป็นต้น การตรวจสอบโดยการดูสภาพของขั้วไฟฟ้าที่อยู่ในวงจร สภาพของคันโยกเบรกเกอร์ โดยวิธีการนี้อาจมีการกำหนดมาตรฐานขึ้นมา เช่น กำหนดเป็นภาพของเซอร์กิตเบรกเกอร์ในสภาวะการทำงานปกติ เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบในขั้นตอนของการตรวจสอบด้วยสายตา เป็นต้น

สำหรับการตรวจสอบโดยการใช้ประสาทการรับรู้เรื่องกลิ่น และเสียงนั้น โดยสภาพปกติการทำงานของระบบไฟฟ้า หรืออุปกรณ์ไฟฟ้าจะมีความร้อนเกิดขึ้นในตัวของอุปกรณ์ไฟฟ้าอยู่แล้วเนื่องจากการดึงเอาพลังงานไฟฟ้าเข้าไปใช้งาน แต่ถ้าหากมีการทำงานที่เกินกำลังของอุปกรณ์ไฟฟ้าจะดึงเอาพลังงานไฟฟ้าเข้าไปมากกว่าปกติ ในสถานการณ์เช่นนี้จะทำให้มีความร้อนที่เกินพิกัดปกติ อาจจะทำให้เกิดการไหม้จนส่งกลิ่นออกมา หรืออาจจะมีการส่งเสียงที่ผิดปกติจากทำงานที่ผิดพร่องของอุปกรณ์ไฟฟ้าดังกล่าว ในลักษณะดังกล่าวก็จะทำให้ผู้ตรวจสอบระบบไฟฟ้า สามารถใช้ประสาทสัมผัสในการตรวจสอบระบบไฟฟ้าได้

6.2.2 การตรวจสอบด้วยเครื่องมือตรวจวัดทางไฟฟ้า

การตรวจสอบอุปกรณ์ไฟฟ้ามักจะมีมาตรฐานเพื่อใช้ในการตัดสินใจว่าอุปกรณ์นั้นยังอยู่ในสภาพปกติ หรือสามารถใช้งานได้ต่อไปหรือไม่ อาจจะใช้เครื่องวัดและทดสอบทางไฟฟ้า หรือ Electrical Tester ซึ่งเป็นเครื่องมือสำหรับวัดและทดสอบอุปกรณ์หรือระบบไฟฟ้า เกี่ยวกับค่าทางไฟฟ้าตามเงื่อนไขที่กำหนด เช่น เครื่องมือวัดความต้านทานในระบบกราวด์ ทำหน้าที่วัดความต้านทานในระบบกราวด์ว่ามีค่าเป็นไปตามมาตรฐานหรือไม่ เครื่องมือวัดและทดสอบทางไฟฟ้าจึงมีบทบาทสำคัญในงานหลายๆ ประเภท เช่น งานเกี่ยวกับการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive maintenance) หรือจะเป็นงานเกี่ยวกับการประกันคุณภาพของสินค้าและบริการ (QA : Quality Assurance) เพื่อให้ผู้บริโภคหรือผู้ใช้บริการเกิดความมั่นใจ โดยผู้ทำหน้าที่เกี่ยวกับการประกันคุณภาพของสินค้าและบริการจะเป็นผู้วางขั้นตอน กระบวนการ ในการดำเนินงานให้กับฝ่ายผลิตซึ่งจะมีผู้ทำหน้าที่เกี่ยวกับการควบคุมคุณภาพ (QC : Quality Control) เป็นผู้ควบคุมคุณภาพ โดยการควบคุมการผลิตให้เป็นไปตามขั้นตอนและ

กระบวนการที่ QA ได้วางไว้เพื่อให้ได้คุณภาพที่ต้องการ จากนั้น QA จึงจะทำการตรวจสอบคุณภาพว่าได้มาตรฐานที่วางไว้หรือไม่ เป็นต้น ซึ่งงานดังกล่าวที่เกี่ยวกับข้องกับระบบไฟฟ้าหรืออุปกรณ์ไฟฟ้าก็จะต้องอาศัยการใช้เครื่องมือ เครื่องวัดทางไฟฟ้าต่างๆ เข้ามาใช้ในการตรวจสอบ ตัวอย่างของเครื่องมือทดสอบทางไฟฟ้า มีดังนี้

1) มัลติมิเตอร์ (Multimeter) คำว่ามัลติมิเตอร์เกิดจากการผสมกันระหว่างคำว่า Multi ซึ่งแปลว่าหลากหลาย มากมาย และคำว่า Meter ซึ่งแปลว่าเครื่องวัด ดังนั้นเมื่อนำ 2 คำนี้มารวมกันจึงกลายเป็นเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าซึ่งมีความสามารถในการวัดค่าต่างๆ ทางไฟฟ้าได้หลายหลายค่า เช่น วัดแรงดันไฟฟ้า (Voltage) วัดกระแสไฟฟ้า (Current) วัดความต้านทานไฟฟ้า (Resistance) ในบางรุ่นสามารถวัดความถี่ไฟฟ้าได้ (Frequency) วัดค่าไดโอด (Diode) หรือค่าอื่นๆ ได้ภายในเครื่องเดียว การแสดงผลของมัลติมิเตอร์แบ่งออกเป็น 2 แบบ ดังรูปที่ 6.1 คือ มัลติมิเตอร์แบบเข็ม (Analog Multimeter) และมัลติมิเตอร์แบบตัวเลข (Digital Multimeter) การตรวจสอบอุปกรณ์ไฟฟ้ามักนิยมใช้มัลติมิเตอร์ในการตรวจเช็คอุปกรณ์ไฟฟ้า โดยวัดความต้านทานของอุปกรณ์ไฟฟ้า เช่น หลอดไฟฟ้า บาลาสตร์ หรือในแผงวงจร ไฟฟ้า เป็นต้น

รูปที่ 6.1 มัลติมิเตอร์แบบอนาล็อกและแบบดิจิตอล[1]

2) เครื่องตรวจสอบเบรคเกอร์ตัดไฟรั่วไหล (ELCB Tester) ดังรูปที่ 6.2 เครื่องตรวจสอบเบรคเกอร์ตัดไฟรั่วไหล หรือ ELCB Tester คือมิเตอร์ที่ใช้วัดเบรกเกอร์แบบ RCD หรือ ELCB โดยจะวัดค่าเวลาในการตัดวงจรว่าใช้เวลาเท่าไหร่เมื่อมีกระแสไฟฟ้ารั่วไหลเกิดขึ้น เพื่อตรวจสอบว่ายังทำงานอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดหรือไม่

รูปที่ 6.2 เครื่องตรวจสอบเบรคเกอร์ตัดไฟรั่วไหล[2]

[1] สืบค้นเมื่อ 26/10/58 http://th.aliexpress.com/w/wholesale-analog-digital-multimeter.html

3) เครื่องทดสอบความปลอดภัยทางไฟฟ้า (Hi-Pot Tester, Withstanding Voltage Tester) ดังรูปที่ 6.3 เครื่องทดสอบความปลอดภัยทางไฟฟ้า หรือ Hi-Pot Tester/Withstanding Voltage Tester คือเครื่องที่ใช้ทดสอบการทนต่อแรงดันไฟฟ้าของอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ มักใช้ในการรับรอง มอก. ของเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ โดยจะทำการทดสอบว่าเครื่องไฟฟ้านั้นๆ มีความปลอดภัยในการใช้งานหรือไม่

รูปที่ 6.3 เครื่องทดสอบความปลอดภัยทางไฟฟ้า[3]

4) เครื่องทดสอบทางไฟฟ้าอเนกประสงค์ (Multifunction Tester) ดังรูปที่ 6.4 เครื่องทดสอบทางไฟฟ้าอเนกประสงค์ หรือ Multifunction Tester คือเครื่องมืออเนกประสงค์ซึ่งผลิตขึ้นให้สามารถวัดค่าต่างๆ หลายค่ารวมกันในเครื่องเดียว เช่น วัดค่าความเป็นฉนวนไฟฟ้า ค่าความต่อเนื่อง ค่าความต้านทานรวมของระบบ เป็นต้น

รูปที่ 6.4 เครื่องทดสอบทางไฟฟ้าอเนกประสงค์[4]

5) เครื่องวัดคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (Gauss/Tesla Meter) ดังรูปที่ 6.5 เครื่องวัดคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้า หรือ Gauss/Tesla Meter คืออุปกรณ์ที่ใช้วัดระดับของคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่แพร่กระจายออกมาบริเวณรอบๆ ของเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้าน เช่น สายส่งไฟฟ้าแรงสูง

---

[2] สืบค้นเมื่อ 26/10/58 http://www.sangchaimeter.com/

[3,4] สืบค้นเมื่อ 26/10/58 http://www.sangchaimeter.com/

จอคอมพิวเตอร์ โทรทัศน์ เป็นต้น เพื่อให้ทราบถึงระดับความเข้มของสนามแม่เหล็กไฟฟ้า แล้วทำการเทียบกับมาตรฐานระดับที่ปลอดภัย

รูปที่ 6.5 เครื่องวัดคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้า[5]

6) เครื่องวัดความต้านทานฉนวน (Insulation (MΩ) Tester) ดังรูปที่ 6.6 เครื่องวัดความต้านทานฉนวน หรือ Insulation (M Ohm) Tester คือเครื่องมือที่ใช้ทดสอบฉนวนว่ายังอยู่ในสภาพที่สามารถใช้งานได้ต่อไปหรือไม่ การทดสอบความต้านทานฉนวนจึงจำเป็นต้องทดสอบเพื่อความปลอดภัยแก่ผู้ใช้งาน งานที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบฉนวน เช่น การทดสอบฉนวนของมอเตอร์ การทดสอบฉนวนของสายไฟ การทดสอบค่าความเป็นฉนวนของตู้จ่ายไฟหลัก แผงจ่ายไฟฟ้าย่อย เป็นต้น

รูปที่ 6.6 เครื่องวัดความต้านทานฉนวน[6]

7) เครื่องวัดความต้านทานดิน (Earth Tester) ดังรูปที่ 6.7 เครื่องวัดค่าความต้านทานดิน หรือ Earth Tester คือเครื่องมือที่ใช้วัดความต้านทานดินของระบบกราวด์ว่ามีค่าความต้านทานเท่าไหร่ และยังอยู่ในค่าที่มีความปลอดภัยหรือไม่ (ดูรายละเอียดเกี่ยวกับค่าความต้านทานของระบบดินระบบสายดินบทที่ 4) สามารถทำการวัดได้ทั้งแบบตอกเข็มที่เหมาะกับงานติดตั้ง และแบบ แคล้มป์ที่

[5] สืบค้นเมื่อ 26/10/58 http://www.sangchaimeter.com/

[6] สืบค้นเมื่อ 26/10/58 http://www.byramlabs.com/store/product_info.php/products_id/8188

เหมาะกับงานซ่อมบำรุงระบบสายดินบทที่ 4) สามารถทำการวัดได้ทั้งแบบตอกเข็มที่เหมาะกับงานติดตั้งและแบบ แคล้มป์ที่เหมาะกับงานซ่อมบำรุง

รูปที่ 6.7 เครื่องวัดความต้านทานดิน[7]

8) เครื่องวัดความต้านทานลูป (Loop Tester) ดังรูปที่ 6.8 เครื่องวัดความต้านทานลูป หรือ Loop Tester คืออุปกรณ์ที่ใช้วัดว่าการติดตั้งระบบป้องกันอันตรายจากไฟฟ้าทำไว้ถูกต้องหรือไม่ โดยทำการวัดค่าความต้านทานระหว่างระบบต่างๆ เช่น ระหว่างสายดินกับจุดใช้งาน ว่ามากเกินไปที่กระแสจะไม่ไหลลงกราวด์หรือไม่

รูปที่ 6.8 เครื่องวัดความต้านทานลูป[8]

9) เครื่องวัดลำดับเฟสไฟ 3 เฟส (Phase Sequence Tester) ดังรูปที่ 6.9 เครื่องวัดลำดับเฟสไฟ 3 เฟส หรือ Phase Sequence Tester ในระบบไฟ 3 เฟสจำเป็นต้องทำการตรวจลำดับเฟส เพราะหากเกิดการสลับเฟสจะส่งผลทำให้โหลดประเภทมอเตอร์หมุนกลับทิศ หรือมีผลเสียหายอื่นๆ เฟส เพราะหากเกิดการสลับเฟสจะส่งผลทำให้โหลดประเภทมอเตอร์หมุนกลับทิศ หรือมีผลเสียหายอื่นๆ เครื่องวัดลำดับเฟสจะทำหน้าที่ตรวจจับว่าในระบบไฟ 3 เฟสมีการเรียงเฟสอย่างถูกต้องหรือไม่ ตัวอย่างเช่น การเรียงลำดับเฟสแบบ abc เป็นต้น

[7,8] สืบค้นเมื่อ 26/10/58 http://www.sangchaimeter.com/

รูปที่ 6.9 เครื่องวัดลำดับเฟสไฟ 3 เฟส[9]

10) มิลลิโอห์มมิเตอร์ (Milli-Ohm Meter) ดังรูปที่ 6.10 มิลลิโอห์มมิเตอร์ หรือ Milli-Ohm Meter คือเครื่องมือที่ถูกออกแบบมาเพื่อวัดค่าความต้านทานโดยเฉพาะ โดยต่างจากเครื่องมือวัดความต้านทานอื่นทั่วไป คือมีความละเอียด และความแม่นยำสูง จึงเหมาะในงานอิเล็กทรอนิกส์ อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ หรืองานทดลองในห้องทดลอง

รูปที่ 6.10 มิลลิโอห์มมิเตอร์[10]

11) ไขควงเช็คไฟฟ้า (Test Lamp) ไขควงเช็คไฟฟ้าเป็นเครื่องมือใช้สำหรับตรวจสอบว่าในจุดใดจุดหนึ่งของสายไฟ หรือจุดรวมสายไฟ หรือเต้ารับสวิตซ์นั้นมีกระแสไฟฟ้าไหนผ่านหรือไม่ ซึ่งในส่วนประกอบของไขควงเช็คไฟฟ้านี้ มีหลอดไฟอยู่ภายในส่วนของด้ามจับ หรือตามแต่ผู้ผลิตจะออกแบบให้สะดวกและง่ายต่อการใช้งาน โดยมากจะออกแบบให้เป็นไขควงชนิดหัวแบนเล็ก เพื่อสะดวกในการตรวจสอบเฉพาะจุดไฟฟ้า เมื่อนำปลายหัวไขควงเช็คไฟแตะสัมผัสกับโลหะที่เป็นตัวนำไฟฟ้า โดยต่อเชื่อมเข้ากับเส้นสายไฟ (Line) ซึ่งเป็นสายที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านอยู่ หากมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านในโลหะตัวนำดังกล่าว หลอดไฟภายในด้ามไขควงเช็คไฟจะสว่างทันที แต่หากจุดนั้นไม่มีกระแสไฟไหลผ่านด้วยอาจจะ

[9] สืบค้นเมื่อ 26/10/58 http://www.mesqsystems.com/industrial-tester.html

[10] สืบค้นเมื่อ 26/10/58 http://www.aktakom.com/products/index.php?ELEMENT_ID=30157

เป็นเพราะไม่มีการจ่ายกระแสไฟมาจากต้นทาง หรือโลหะตัวนำนั้นได้เชื่อมต่อกับสายไฟเส้นนิวทรัล ซึ่งเป็นสายที่ไม่มีกระแสไฟฟ้า หลอดไฟก็จะไม่ติดสว่างขึ้นเลย ดังนั้นหากนำไขควงเช็คไฟนี้ไปตรวจสอบรูปลั๊กเต้ารับทั้งสองรู้จะต้องมีรูหนึ่งรูใดที่ทำให้หลอดไฟในไขควงเช็คไฟติดสว่างขึ้น เพราะไฟฟ้าระบบ 1 เฟส จะมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านเพียงเส้นเดียว แต่หากปรากฏว่าหลอดไฟเกิดติดสว่างทั้งสองปลั๊กเต้ารับแล้ว นั่นหมายถึง การต่อไฟฟ้าผิดวงจร ต้องรีบตัดกระแสไฟฟ้าที่ต้นทางทันทีเพื่อรีบหาสาเหตุ แต่กรณีที่กล่าวมานี้ไม่ใช่กรณีเดียวกันกับจุดเข้าสายของสวิตซ์หลอดไฟ เนื่องจากจุดเข้าสายทั้งสองจุดของสวิตซ์ต้องเชื่อมต่อกับสายไฟเส้นเดียวกัน เมื่อทำการเปิดสวิตซ์ไฟแล้วย่อมจะมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน เช่นนั้น หากคุณนำไขควงเช็คไฟไปแตะสัมผัสหลอดไฟในด้ามไขควงย่อมจะติดสว่างขึ้นทั้งสองจุด เพราะเป็นสายไฟเส้นเดียวกันนั่นเอง ข้อควรระวังของเครื่องมือชนิดนี้ก็คือ อย่านำไขควงเช็คไฟไปใช้งานขันสกรูหนักจนเกินไป เช่น ขันสกรูยึดติดกับผนัง เป็นต้น ซึ่งการนำเครื่องมือไปใช้ผิดประเภทงาน อาจเป็นเหตุให้เกิดความเสียหายแก่เครื่องมือ และอาจเกิดอันตรายกับตัวเราเอง

ไขควงเช็คไฟจะมีให้เลือกใช้หลายพิกัด 80-380 VAC , 100-500 VAC, 50-500 VAC ขึ้นอยู่กับว่าจะไปเช็คไฟ เช่น ถ้าเช็คไฟบ้าน 1 เฟสใช้ 80 - 380 VAC หากใช้เช็คอุปกรณ์ไฟฟ้า ในโรงงานใหญ่ อาจต้องใช้ 100-500 VAC ขึ้นอยู่กับอุปกรณ์ที่ตรวจสอบด้วย จากรูปที่ 6.11 เป็นปากกาวัดไฟแบบไม่สัมผัส แสดงผลด้วยแสงสีแดงที่ปลายด้าม เพื่อเป็นการบ่งบอกว่าจุดที่แตะอยู่นั้นมีไฟหรือไม่ ใช้หลักการทำงานของสนามแม่เหล็กไฟฟ้า มีความสามารถพิเศษ คือ สามารถหาตำแหน่งของสายไฟที่ขาดภายในได้อย่างแม่นยำ มีขนาดเล็กน้ำหนักเบา ใช้ได้กับไฟ 90-1000 VAC

รูปที่ 6.11 ปากกาวัดไฟแบบไม่สัมผัส[11]

6.3 การตรวจสอบบำรุงรักษาระบบไฟฟ้าในอาคาร

ปัจจุบันปัญหาของระบบไฟฟ้าที่ขัดข้อง ส่งผลกระทบโดยตรงต่อการดำเนินงานขององค์กร หน่วยงานที่ปฏิบัติหน้าที่อยู่ภายในอาคาร และยังทำให้สูญเสียโอกาสในการแข่งขันเชิงธุรกิจ ปัญหาของระบบไฟฟ้าที่ขัดข้องมักจะมีสาเหตุมาจากการขาดการวางแผนในการบำรุงรักษาระบบไฟฟ้าที่เหมาะสม ดังนั้นการบำรุงรักษาระบบไฟฟ้า (Electrical System Preventive Maintenance) จึงเป็นแนวทางที่จะช่วยรักษาความมีเสถียรภาพของระบบไฟฟ้าได้ ประเภทอาคารที่จะต้องมีการวางแผนการบำรุงรักษา เช่น อาคารที่พักอาศัย อาคารสำนักงาน อาคารชุด คอนโดมิเนียม ศูนย์การค้า โรงแรม โรงพยาบาล เป็นต้น

[11] สืบค้นเมื่อ 26/10/58 http://www.charnchai.net/product.detail_535580_th_2419144

6.3.1 คุณสมบัติของผู้ปฏิบัติหน้าที่ตรวจสอบบำรุงรักษาระบบไฟฟ้า

1) ผ่านการฝึกอบรมด้านความปลอดภัยในงานเกี่ยวกับไฟฟ้า

2) มีความรู้และทักษะในการตรวจสอบแยกแยะอุปกรณ์ที่อาจเกิดอันตรายจากไฟฟ้ารั่ว

3) มีความรู้ถึงระยะที่ปลอดภัย พื้นที่ที่ปลอดภัยในการทำงาน

4) มีความรู้ และปฏิบัติตามข้อกำหนดด้านความปลอดภัย สวมใส่อุปกรณ์ความปลอดภัยเมื่อจำเป็น

6.3.2 หลักการทั่วไปในการปฏิบัติงานบำรุงรักษาระบบไฟฟ้า

1) อุปกรณ์ที่พบฝุ่น สิ่งสกปรก สิ่งแปลกปลอมที่อาจจะทำให้เกิดความร้อนสะสม ให้ทำความสะอาดโดยการดูด หรือเป่าด้วยลมที่สะอาด หน้าสัมผัสไฟฟ้าที่ใช้งานมานานระยะหนึ่งจะมีสารประกอบคาร์บอนเคลือบให้ทำความสะอาด

2) อุปกรณ์ที่มีการสั่น หรือใช้งานมานานจนเกิดการหลวม การคลอนของจุดเชื่อมต่อให้ทำการขันยึดให้แน่นพอดี

3) ฉนวนป้องกันที่ผ่านการใช้งานมานาน หรือยู่ในสภาพแวดล้อมที่ทำให้เสื่อมสภาพจนอาจเกิดไฟฟ้ารั่ว ให้ตรวจสอบและทำการเปลี่ยนใหม่ในส่วนที่จำเป็น

4) อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับการใช้งานในลักษณะที่มีภาระสูงฉับพลัน หรือเกิดฮาร์โมนิกในรูปแบบที่อาจเกิดอันตราย ให้หมั่นตรวจสอบการเสื่อมสภาพของอุปกรณ์เหล่านั้นให้มีความถี่ที่เพียงพอ ถ้าพิจารณาแล้วมีความเสี่ยงต่ออันตรายมาก และคุ้มค่ากับการปรับปรุงให้ดำเนินการปรับปรุงระบบ

6.3.3 ความถี่ในการตรวจสอบและบำรุงรักษาอุปกรณ์ไฟฟ้า

1) การตรวจสอบที่ดำเนินการทุก 4-6 เดือน หรือตามผลที่ได้จากการทำการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

1.1 ตรวจสอบด้วยสายตาที่จุดเชื่อมต่อสายที่หลวมไม่แน่น

1.2 ตรวจสอบด้วยสายตาที่สวิทช์เครื่องปรับอากาศ

1.3 ตรวจสอบด้วยสายตาที่ตัวเก็บประจุ (capacitors)

1.4 ตรวจสอบด้วยสายตาที่แบตเตอรี่ และอุปกรณ์ชาร์ต

1.5 ตรวจสอบด้วยสายตาที่ระบบระบายอากาศของสวิตช์เกียร์

2) การตรวจสอบที่ดำเนินการปีละครั้ง

2.1 ตรวจสอบจุดเชื่อมต่อที่สวิตช์เครื่องปรับอากาศ

2.2 ตรวจสอบด้วยสายตาที่อุปกรณ์สายดิน

2.3 ตรวจสอบด้วยสายตาที่กลไกการทำงานของเซอร์กิตเบรกเกอร์

2.4 ตรวจสอบการทำงานของอุปกรณ์ปลดวงจรในเซอร์กิตเบรกเกอร์

2.5 ตรวจสอบด้วยสายตาที่เสิร์จแอเรสเตอร์ (surge arresters)

2.6 ตรวจสอบด้วยสายตาที่สายส่งกำลังไฟฟ้า และสภาพฉนวน

2.7 แสกนด้วยอินฟาเรด ตรวจสอบฉนวนด้วยสายตา และทำความสะอาดที่สวิตช์เกียร์

3) การตรวจสอบที่ดำเนินการทุก 2 ปี

3.1 ทดสอบระบบทางกลของเซอร์กิตเบรกเกอร์

3.2 ทดสอบความเป็นฉนวนของสวิตช์เกียร์

4) การตรวจสอบที่ดำเนินการทุก 3 ปี

4.1 ทดสอบทางไฟฟ้าของสายดิน

4.2 ทำความสะอาดอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

4.3 ตรวจสอบและทำความสะอาดเซอร์กิตเบรกเกอร์

4.4 ตรวจสอบฟิวส์และทำความสะอาด

6.3.4 การตรวจสอบบำรุงรักษาอุปกรณ์ไฟฟ้าในอาคาร

1) ตู้จ่ายไฟหลัก (MDB : Main Distribution Board) การบำรุงรักษาตู้จ่ายไฟหลัก (MDB) และแผงจ่ายไฟฟ้าย่อย (SDB) หรือแผงไฟฟ้าย่อย (LP) จะมีลักษณะการตรวจสอบบำรุงรักษาที่คล้ายกัน เนื่องจากจะมีลักษณะสิ่งห่อหุ้มและอุปกรณ์ที่ติดตั้งภายในคล้ายกันแต่มีขนาดต่างกัน การตรวจสอบบำรุงรักษา เช่น การทำความสะอาด การตรวจสอบบริเวณรอบๆ ตู้ ภายในตู้ และทดสอบการทำงาน (Function) ของอุปกรณ์ภายในตู้ให้พร้อมใช้งานอยู่เสมอ เป็นต้น การบำรุงรักษาอย่างสม่ำเสมอดูเหมือนจะเป็นการสิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย แต่เป็นการคุ้มค่าเมื่อเทียบกับการรักษาเสถียรภาพการทำงานของระบบไฟฟ้า และยังประหยัดค่าใช้จ่ายเนื่องจากจะทำให้ระบบต่างๆ ได้รับการตรวจสอบและบำรุงรักษาอย่างสม่ำเสมอก่อนที่จะชำรุด หรือเสื่อมสภาพ การรู้ก่อนและการแก้ไขก่อน โดยการบำรุงรักษาก่อนที่จะสึกหรอ นอกจากจะเป็นการยืดอายุการใช้งานได้แล้ว ยังทำให้ลดความเสี่ยงจากการหยุดการผลิตได้ ดังนั้น การบำรุงรักษาตู้จ่ายไฟหลักและแผงจ่ายไฟฟ้าย่อยจึงมีความสำคัญ การตรวจสอบบำรุงรักษาจะต้องกระทำอย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง การตรวจสอบบำรุงรักษาที่ดีสม่ำเสมอยังสามารถช่วยลดความเสี่ยงจากเหตุการณ์ อัคคีภัยที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าลัดวงจรได้อีกด้วย

หากขาดการการบำรุงรักษา หรือไม่มีการบำรุงรักษาตู้ จะทำให้เกิดความสกปรกและจะส่งผลต่ออุปกรณ์ภายในตู้ เนื่องจากฝุ่นละอองปริมาณมากรวมตัวกับความชื้นที่เกิดขึ้นก็จะมีคุณสมบัติเป็นแผ่นฟิล์มบางๆ ทำให้กลายเป็นตัวนำไฟฟ้าซึ่งนำกระแสไฟฟ้าได้จะส่งทำให้อุปกรณ์ภายในตู้ทำงานผิดปกติ ซึ่งจะส่งผลต่างๆ เช่น ระบบไฟฟ้าไม่เสถียร อุปกรณ์ภายในตู้ทำงานไม่เต็มประสิทธิภาพ ทำให้เกิดความเสี่ยงต่อการเกิดไฟฟ้าลัดวงจรและอาจทำให้ระบบการผลิตต้องหยุดลง เป็นต้น เมื่อเป็นเช่นนี้จะส่งผลต่อค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงแก้ไขสูง

1.1 ประโยชน์ของการตรวจสอบบำรุงรักษาตู้จ่ายไฟหลักและแผงจ่ายไฟฟ้าย่อยหรือแผงไฟฟ้าย่อย

- เป็นการตรวจสอบบำรุงรักษาอุปกรณ์ที่อยู่ภายในตู้ให้สามารถพร้อมทำงานได้ตลอดเวลาและอยู่ในสภาพการทำงานที่เป็นปกติ
- สามารถช่วยยืดอายุการใช้งานของอุปกรณ์ และยังช่วยให้อุปกรณ์ที่อยู่ภายในตู้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น
- ลดความเสี่ยงจากการเกิดไฟฟ้าลัดวงจร

- ระบบไฟฟ้ามีความเสถียรภาพมากยิ่งขึ้น
- ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาต่ำ

1.2 การตรวจสอบบำรุงรักษาตู้จ่ายไฟหลัก (MDB.)

- ตรวจสอบสภาพความแข็งแรงของสภาพโครงสร้างตู้
- ตรวจสอบและทำความสะอาดสภาพภายใน และภายนอกของตู้จ่ายไฟหลัก
- ตรวจสอบและทำความสะอาดลูกถ้วย (Insulator) บัสบาร์ทองแดง (Bus bar) สายไฟ (Cable)
- ตรวจสอบค่าความต้านทานของฉนวนของไฟ (Cable Resistance) ทดสอบโดยจ่ายแรงดันกระแสตรง 1,000 VDC
- ตรวจสอบจุดต่อสายไฟและจุดต่อเชื่อมบัสบาร์ พร้อมทั้งตรวจสอบความแน่นหนาของสกรูที่ใช้ยึดหากพบว่าหลวมให้ทำการขันให้แน่น (Torque Inspection)

รูปที่ 6.12 พนักงานทำการตรวจสอบบำรุงรักษาตู้จ่ายไฟ[12]

- ตรวจสอบความต้านทานของฉนวนของระบบดิน (Grounding System)
- ตรวจสอบค่าความต้านทานของฉนวนของลูกถ้วย (Insulator Busing) ระหว่างเฟสกับเฟส (Line to Line) และเฟสกับระบบดิน (Line to Ground) ทดสอบโดยจ่ายแรงดันกระแสตรง 1,000 VDC พร้อมบันทึกค่า
- การตรวจสอบ ACB (Low Voltage Air Circuit Breaker) ตรวจสอบการทำงานกลไกเปิด-ปิด, ตรวจสอบและทำความสะอาดสภาพภายในและภายนอกของเซออร์กิตเบรกเกอร์, ตรวจสอบและทำความสะอาดหน้าสัมผัส (Main Contact) ด้วยน้ำยาทำความสะอาดหน้าสัมผัส (Contact Cleaner) ชนิดพิเศษไม่นำไฟฟ้า ตรวจสอบและทำความสะอาดรางดับอาร์ค (Arc Chute)
- การตรวจสอบ Capacitor Bank ตรวจสอบการทำความสะอาดอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในและภายนอกตู้, ตรวจสอบและทำความสะอาดสภาพของชุดคาปาซิเตอร์, ตรวจสอบและทำความ

[12] สืบค้นเมื่อ 27/10/58 http://www.pba-rangsit.com/services.php?id=3

สะอาดหน้าสัมผัส (Main Contact) ของ Magnetic Contactor, ตรวจสอบและทำความสะอาด HRC Fuse Link , HRC Fuse Base และ Control Fuse, ปรับแต่งค่าต่างๆ เช่น Power Factor,C/K (ค่าความไวในการตัดต่อคาปาซิเตอร์), Phase (องศาทางไฟฟ้า) Delay (เวลาหน่วงในการสวิตช์ชิ่ง) และ sequance (ชนิดของลำดับควบคุม) ของชุด Power Factor Controller, ตรวจวัดค่าคาปาซิเตอร์ (Capacitance) ของชุดคาปาซิเตอร์

- ตรวจสอบและบำรุงรักษาพื้นฐานอื่นๆ ตามคำแนะนำของผู้ผลิต เช่น ตรวจขนาดกระแสของเมนสวิตช์และสายเมน, ตรวจพิกัดตัดกระแสลัดวงจรของเมนสวิตช์, ตรวจการติดตั้งเครื่องป้องกันกระแสรั่วลงดิน, ตรวจการต่อลงดินที่เมนสวิตช์, ตรวจขนาดสายต่อหลักดิน, ตรวจสภาพสายดิน, ตรวจการต่อฝากที่เมนสวิตช์, ตรวจขนาดสายดินของอุปกรณ์ไฟฟ้า วงจรสายป้อน, วัดความต้านทานการต่อลงดิน, ตรวจที่ว่างเพื่อปฏิบัติงาน, ตรวจแสงสว่างเหนือที่ว่างเพื่อปฏิบัติงาน, ตรวจป้ายชื่อและแผนภาพเส้นเดี่ยว, ตรวจเครื่องหมายเตือนภัยและปลดวงจร, ตรวจการป้องกันการสัมผัสส่วนที่มีไฟฟ้า, ตรวจการป้องกันความชื้นเข้าแผงสวิทช์

1.3 การตรวจสอบแผงจ่ายไฟฟ้าย่อย (SDB) หรือแผงไฟฟ้าย่อย (LP) การตรวจสอบไฟสัญญาณ (Pilot lamp) ของอุปกรณ์รับไฟและอุปกรณ์จ่ายไฟติดหรือไม่, ไฟสัญญาณของ OCB ติดหรือไม่, โวลต์มิเตอร์ปกติดีหรือไม่, แอมมิเตอร์ปกติดีหรือไม่, สวิตช์สับเปลี่ยนของอุปกรณ์วัดปกติดีหรือไม่ ขั้วต่อสายไฟของตู้จ่ายไฟหลวมหรือไม่

2) ระบบแสงสว่าง (Lighting) แสงสว่างเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งในการดำรงชีวิตของมนุษย์ ระบบแสงสว่างที่ดีนอกจากจะทำให้การประกอบกิจกรรมต่างๆ เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพแล้ว ยังเสียค่าใช้จ่ายในการใช้งานน้อยด้วย ระบบแสงสว่างที่มีประสิทธิภาพจะต้องประกอบไปด้วย การเลือกใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างอย่างเหมาะสมตามลักษณะการใช้งาน การออกแบบระบบแสงสว่างให้เหมาะสมการใช้งานไฟฟ้าแสงสว่างอย่างถูกวิธี และการบำรุงรักษาอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างที่สม่ำเสมอ

เมื่อใช้งานระบบไฟฟ้าแสงสว่างไปเป็นระยะเวลานานๆ จะพบว่าความสว่างจะลดลง ทั้งนี้เนื่องจากการเสื่อมสภาพของอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่าง ต้องสำรวจระดับความสว่างและการใช้งานอยู่เสมอ ตรวจสอบบำรุงรักษาทำความสะอาด โคมไฟ ฝาครอบกระจายแสง เพดานผนัง กระจกหน้าต่าง ควรเปลี่ยนหลอดแสงสว่างเป็นกลุ่มแทนที่จะเปลี่ยนทุกครั้งเมื่อหลอดเสีย จะช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายจากค่าแรงที่ลดลงจากการซื้อเป็นจำนวนมาก และยังทำให้ความสว่างคงที่หรือดีขึ้นอยู่เสมอ ระยะเวลาที่ควรเปลี่ยนหลอดไฟให้ได้ผลคุ้มค่าคือ เมื่อร้อยละ 60-80 ของอายุการใช้งานหลอด

3) สายไฟฟ้า (Cable, Wire) สายไฟ นับเป็นอุปกรณ์หนึ่งที่ มีความสำคัญในระบบไฟฟ้า การเลือกสายไฟให้เหมาะสมกับงานตลอดถึงการติดตั้งย่อมมีผลต่ออุปกรณ์ไฟฟ้า และความปลอดภัยของผู้ใช้งาน อุปกรณ์ไฟฟ้า การตรวจสอบบำรุงรักษาสายไฟฟ้า ดังนี้

3.1 ตรวจสอบการเดินสายไฟว่าใช้สีถูกต้องตามมาตรฐานหรือไม่ อาจจะใช้ไขเช็คไฟ หากไม่ถูกต้องเพียงบางจุดให้ดำเนินการแก้ไขโดยการสลับสายใหม่ หากไม่ถูกต้องตลอดทั้งอาคารเหมือนกันหมด ให้มีเครื่องหมายหรือเอกสารกำกับไว้ที่แผงสวิตช์ หรือตู้จ่ายไฟหลัก เพื่อป้องกันการเข้าใจผิดเมื่อช่างหรือบุคลากรไฟฟ้าเข้ามาทำการใช้งานหรือตรวจสอบในภายหลัง

3.2 ตรวจสอบจุดต่อสาย การเข้าสายต้องขันให้แน่นอย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง

3.3 สังเกตอุณหภูมิของสายโดยใช้การสัมผัสที่ผิวฉนวนของสาย ถ้ารู้สึกอุ่นหรือร้อน แสดงว่ามีสิ่งผิดปกติ อาจจะเนื่องมาจากการใช้ไฟฟ้าเกินขนาดของสาย หรือมีจุดต่อสายต่างๆ ไม่แน่น เช่น บริเวณปลั๊กไฟ เต้ารับ สวิตซ์ เป็นต้น

3.4 สังเกตสีของเปลือกสาย ถ้าสายไฟบางเส้นมีสีเปลี่ยนไป เช่น สีขาวเปลี่ยนเป็นสีคล้ำหรือมีฝุ่นจับมาก แสดงว่ามีอุณหภูมิสูงกว่าปกติอาจจะมีการใช้ไฟฟ้าเกินขนาดสาย หรือมีการต่อสายไม่แน่น เป็นต้น

3.5 ตรวจสอบฉนวนของสายไฟฟ้า ต้องไม่มีการแตกกรอบ ไม่มีรอยไหม้ ชำรุด ถ้าพบควรหาสาเหตุแล้วแก้ไขสาเหตุ พร้อมเปลี่ยนสายใหม่ทันทีไม่ควรปล่อยทิ้งไว้นาน เนื่องจากอาจจะเป็นสาเหตุทำให้เกิดเพลิงไหม้ได้

3.6 ตรวจสอบสภาพของสายไฟฟ้าอย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง โดยให้มีการบันทึกข้อมูลการตรวจสภาพไว้ทุกครั้ง เพื่อเก็บเป็นข้อมูลไว้เปรียบเทียบสภาพของสายไฟฟ้าในครั้งต่อไป

3.7 กรณีที่มีการใช้ไฟฟ้ามากขึ้น ควรตรวจสอบขนาดของสายไฟฟ้าที่ใช้อยู่ว่ามีความเหมาะสมหรือไม่ ถ้าขนาดสายไม่เพียงพอจะต้องดำเนินการเปลี่ยนใหม่

3.8 ตรวจสอบสายไฟบริเวณที่ทะลุผ่านฝ้าเพดานหรือผนัง อาจจะมีรอยหนูแทะเปลือกของสาย ซึ่งจะทำให้เกิดการลัดวงจรและเกิดไฟไหม้ได้

4) ระบบเตือนภัย (Fire Alarm System) เป็นระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้หรือระบบป้องกันอัคคีภัยที่ติดตั้งไว้เพื่อแจ้งเตือนให้ผู้ที่พักอาศัยได้ทราบถึงเหตุเพลิงไหม้ตั้งแต่เริ่มต้น และหาทางแก้ปัญหาเหตุเพลิงไหม้ได้ตั้งแต่เพลิงยังไม่ลุกลามใหญ่โต ซึ่งสามารถที่จะระงับเหตุเพลิงไหม้ได้ทันเวลา สามารถประสานขอความช่วยเหลือได้ทันเวลา ดังนั้นการตรวจสอบบำรุงรักษาระบบเตือนภัยจึงเป็นสิ่งที่จำเป็น เพราะจะทำให้การทำงานของระบบเตือนภัยมีความพร้อมในการตรวจจับ และทำการแจ้งเตือนอย่างมีประสิทธิภาพ ระบบเตือนภัยดังรูปที่ 6.13 จะประกอบไปด้วยอุปกรณ์ตรวจจับไฟไหม้ซึ่งจะประกอบไปด้วยอุปกรณ์ตรวจจับควันและอุปกรณ์ตรวจจับความร้อน อุปกรณ์ควบคุมสัญญาณเตือนภัย สวิตช์กดเมื่อเกิดเหตุเพลิงไหม้ และอุปกรณ์ส่งเสียงเตือนภัย การตรวจสอบบำรุงรักษาอุปกรณ์หรือระบบเตือนภัย ดังนี้

4.1 ตรวจสอบตู้ควบคุม (Fire Alarm Control Panel) การตรวจสอบอาจจะรวมไปถึงตู้แสดงผล (Graphic Annunciator) ด้วย รายละเอียดการตรวจสอบ ดังนี้

- ตรวจสอบการเข้าสายต่างๆ ที่จุดปลายทาง บนบอร์ด (Board) และการ์ด (Cards) เชื่อมต่อต่างๆ ที่อยู่ภายในตู้ควบคุม ว่าสายต่างๆ ยังอยู่ในสภาพเรียบร้อยและแน่นหนาหรือไม่

รูปที่ 6.13 ระบบเตือนภัย[13]

- ตรวจสอบแหล่งจ่ายไฟและแบตเตอรี่ ให้สังเกตดูที่ขั้วต่อสาย วัดกระแสไฟฟ้าเข้าและกระแสไฟฟ้าออกว่าอยู่ในค่าปกติหรือไม่
- ตรวจสอบหลอดไฟ LED ที่ใช้แสดงสถานการณ์ทำงานของเครื่องควบคุม
- ตรวจสอบสวิตช์ที่ใช้ในการควบคุมระบบต่างๆ
- ตรวจสอบหน้าจอที่ใช้แสดงผล ว่ามีการแสดงผลเป็นปกติหรือไม่
- ดำเนินการทำความสะอาด โดยการปัดฝุ่น หรือเช็ดทำความสะอาดตู้ควบคุม

4.2 ตรวจสอบปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นในระบบเตือนภัยในกรณีที่มีปัญหาเกิดขึ้นกับระบบเตือนภัย

- ตรวจสอบดูว่าปัญหาที่เกิดขึ้นนั้นมาจากสาเหตุใด
- สรุปปัญหาที่เกิดขึ้นและหาทางแก้ไข เช่น สายขาด สายหลุดหรือหลวมที่จุดเชื่อมต่อ สายดินมีปัญหาเกิดความผิดพลาด หรืออุปกรณ์เสียหาย เป็นต้น

4.3 การทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ระบบเตือนภัย โดยให้ทำการทดสอบตามฟังก์ชั่น (Function) การทำงาน ดังนี้

- การทดสอบอุปกรณ์ตรวจจับควัน การทดสอบนี้อาจจะใช้สเปรย์ควันเทียม
- การทดสอบอุปกรณ์ตรวจจับความร้อน การทดสอบนี้อาจจะใช้อุปกรณ์เป่าลมร้อนเพื่อตรวจสอบอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นเกินกว่าค่าที่กำหนด
- การทดสอบสวิตช์กดแจ้งเหตุเมื่อเกิดเพลิงไหม้ (Manual Station) บางครั้งอาจจะเป็นแบบคันโยก หรือแบบทุบกระจกให้แตก การทดสอบนี้จะทดสอบโดยการใช้งานจริง
- การทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ควบคุมโดยการทำให้เกิดปัญหา เช่น การถอดสายออกอุปกรณ์ต่างๆ แล้วรอดูผลการแจ้งเตือนไปที่ตัวอุปกรณ์ควบคุม

[13] สืบค้นเมื่อ 27/10/58 http://www.pylontec.com/

- การทดสอบการแจ้งเตือนของอุปกรณ์ส่งสัญญาณเตือนเหตุเพลิงไหม้ที่เกิดจากการตรวจจับ (Detector) แล้วสังเกตดูการทำงานของระบบเตือนภัยว่าเป็นปกติหรือไม่

5) เซอร์กิตเบรกเกอร์ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับติดต่อวงจรไฟฟ้า ปกติจะติดตั้งอยู่ภายในตู้จ่ายไฟหลัก หรือตู้คอนซูมเมอร์ยูนิต (Consumer Unit) การตรวจสอบบำรุงรักษา ดังนี้

- การทดสอบกลไกการทริบ
- ทำความสะอาด
- ตรวจสอบร่องรอยของความร้อน
- ตรวจสอบการต่อหรือขั้วต่อโดยดูการเปลี่ยนสี
- การตั้งค่าของ trip unit

6) ระบบล่อฟ้า เป็นระบบป้องกันอันตรายจากฟ้าผ่าเป็นระบบที่ติดตั้งเพื่อลดอันตรายจากกระแสไฟฟ้าแรงสูงและลดผลกระทบที่เกิดจากฟ้าผ่ามายังพื้นที่หรือตัวอาคาร และป้องกันไฟไหม้อาคารหรือสิ่งปลูกสร้าง เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบระบบล่อฟ้า คือ เครื่องมือทดสอบสายดิน สำหรับงานตรวจซ่อมและแก้ไขปัญหาระบบกราวด์ของไฟฟ้า สามารถวัดความต้านทานดินได้โดยไม่ต้องตัดวงจร เพิ่มความสะดวกและความปลอดภัยในการทำงาน การตรวจสอบระบบล่อฟ้า ดังนี้

- ตรวจสอบระบบล่อฟ้าโดยการถอดหัวล่อฟ้านำลงมาทดสอบด้วยเครื่องมือทดสอบการทำงานของหัวล่อฟ้า
- ตรวจสอบสภาพของเสาล่อฟ้า ฐานเสาสายสลิงยึดเสาล่อฟ้า
- ตรวจสอบสายตัวนำลงดิน และวัดค่าความต้านทานของดิน

7) การตรวจสอบและบำรุงรักษาระบบปรับอากาศ การตรวจสอบจะแยกเป็นส่วนๆ ตามอุปกรณ์หลักของระบบปรับอากาศ ดังนี้

7.1 เครื่องเพิ่มความดันสารทำความเย็น (Compressor)

- ตรวจสอบค่าอุณหภูมิสารทำความเย็นในอีแวปปอเรเตอร์ (Evaporator) ปกติจะอยู่ที่ประมาณ 40-45°F
- ตรวจสอบค่าอุณหภูมิของสารทำความเย็นด้านท่อส่งปกติจะอยู่ที่ประมาณ 100 - 105°F
- ตรวจสอบค่าความดันน้ำมัน จะสูงกว่าความดันด้านดูด 1.5 - 3.0 Kg/cm
- ตรวจสอบค่าอุณหภูมิน้ำมันทั่วไปควรมีค่าต่ำกว่า 55°C
- ตรวจสอบน้ำมันต้องอยู่ในระดับที่กำหนด และมีความใส
- ตรวจสอบประกับรับเพลา ต้องสามารถใช้มือสัมผัสได้
- การทำงานของเครื่องเพิ่มความดันสารทำความเย็นจะต้องไม่เกิดเสียงดังผิดปกติ
- ตรวจสอบกรองน้ำมันหล่อลื่นต้องสะอาด

7.2 เครื่องควบแน่น (Condenser)

- ตรวจสอบอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นทางเข้าไม่ควรสูงเกิน 90 °F
- ตรวจสอบอุณหภูมิหล่อเย็นทางออกจะต้องสูงกว่าทางเข้าไม่เกิน 80 °F

- ตรวจสอบอัตราการไหลของน้ำหล่อเย็นประมาณ 2.8 - 3.2 GPM/Ton
- ตรวจสอบความดันของสารทำความเย็น
- เครื่องอัดสารทำความเย็นแบบระบายความร้อนด้วยน้ำ อุณหภูมิอิ่มตัวของสารทำความเย็นสูงกว่าอุณหภูมิที่ทางออก 5.4 ถึง 10.8°F (3 - 6°C)
- เครื่องอัดสารทำความเย็นแบบระบายความร้อนด้วยอากาศ อุณหภูมิอิ่มตัวของสารทำความเย็นสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก 21.6 ถึง 30.6°F (12 - 17°C)

7.3 เครื่องระเหย (Evaporator)

- ตรวจสอบอัตราการไหลของน้ำเย็นประมาณ 2.0 – 2.4 GPM/Ton
- ตรวจสอบอุณหภูมิน้ำเย็นเข้าเครื่องไม่ควรสูงเกิน 55°F
- ตรวจสอบอุณหภูมิน้ำเย็นออกจากเครื่องไม่ควรสูงเกิน 45°F

7.4 อุปกรณ์จ่ายลมเย็น (AHU,FCU)

- ตรวจสอบอัตราการไหลของอากาศประมาณ 300-400 CPM/Ton
- ตรวจสอบสภาวะอากาศด้านจ่าย Supply Air 60-65F , 70 - 90% RH (Relative Humidity)
- ตรวจสอบสภาวะอากาศด้านลมกลับ Return Air 70 - 80 °F , 45 - 60% RH
- ตรวจสอบอุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศเข้าและออกไม่ควรต่างกันเกิน 20°F
- ตรวจสอบอัตราการใช้พลังไฟฟ้า 0.2kw/TON

7.5 หอผึ่งน้ำ (Cooling Tower)

- ตรวจสอบอัตราการไหลของลมระบายความร้อน 100 - 250 CPM/TON
- ตรวจสอบอัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 2.8 - 3.2 GPM/TON
- ตรวจสอบพลังไฟฟ้าที่ใช้ขับพัดลม 20-25 W/TON
- ตรวจสอบอุณหภูมิน้ำระบายความร้อนที่เข้า 100 - 103°F และออกที่ 90 - 93°F
- ตรวจสอบสภาวะอากาศระบายที่เข้า 85 - 90°F, 55 - 65% RH
- ตรวจสอบสภาวะอากาศระบายที่ออก 95 - 100°F, 95 - 100% RH

8) ระบบลิฟต์ (Lift) ลิฟต์ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะที่ใช้ภายในอาคารทั่วไป ซึ่งหมายถึงพาหนะที่ใช้สำหรับบรรทุกผู้โดยสาร หรือสิ่งของขึ้นลงตามแนวดิ่งโดยมีรางบังคับ ดังนี้

8.1 ชนิดของลิฟต์

- ลิฟต์โดยสาร เป็นลิฟต์ที่ใช้ขนส่งผู้โดยสารในอาคารต่างๆ โดยทั่วไปมีรูปห้องโดยสารเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส เคลื่อนที่ตามรางบังคับในแนวดิ่ง มีขนาดบรรทุกตั้งแต่ 400 – 2,000 กิโลกรัม (6-30 คน) มีความเร็วตั้งแต่ 45 เมตร/นาที ถึง 300 เมตร/นาที ประตูเปิด - ปิดเป็นแบบ 2 บาน จากกึ่งกลางในแนวเดียวกัน นอกนั้นก็จะเป็นลิฟต์สำหรับคนพิการ ลิฟต์ขนของ ลิฟต์เตียงคนไข้ ลิฟต์พนักงานดับเพลิง

- ลิฟต์ส่งของ เป็นลิฟต์ที่มีขนาดเล็กกว่าลิฟต์ทั่วๆ ไป ซึ่งใช้สำหรับส่งเอกสารอาหารและเครื่องดื่ม มีขนาดบรรทุกไม่เกิน 500 กิโลกรัม (ตั้งแต่ 50-500 กก.) ประตูเปิด - ปิดเป็นแบบ 2 บานไปทางเดียวกันแนวดิ่ง มี 2 แบบคือแบบ Floor Type และ แบบ Table Type

- ลิฟต์ชนิดอื่นๆ เช่น ลิฟต์ชั่วคราวระหว่างการก่อสร้าง ลิฟต์สำหรับเวทีการแสดง ลิฟต์ในเหมืองแร่ ลิฟต์ที่เคลื่อนที่ในแนวลาดเอียง ลิฟต์แบบไฮดรอลิกส์ ลิฟต์แบบไม่มีห้องเครื่อง

8.2 การบำรุงรักษาลิฟต์ แบ่งเป็นระยะๆ ดังนี้

- การตรวจสอบบำรุงรักษา ทุกระยะ 1 เดือน รายการตรวจสอบบำรุงรักษา ดังนี้ ตรวจเช็คการทำงานของวงจรเซฟตี้ (Safety) ทั้งหมด, ตรวจเช็คสวิตซ์หน้าคอนแทค (Contac) และกลไกของระบบล็อคประตู (Door Lock), ตรวจเช็คระดับชั้น (การจอดเสมอระดับขั้นหรือไม่), ตรวจการทำงานของชุดเซฟตี้ชูส์และไลท์เรย์ (Safety shoes & Light Ray), ตรวจระบบไฟแสงสว่างฉุกเฉิน กระดิ่ง อินเตอร์คอมฯ แบตเตอรี่, ตรวจผ้าเบรคและระยะการทำงานของเบรค (Brake), ตรวจสัญญาณบอกชั้น ทิศทางการขึ้นลง และสัญญาณเสียงแจ้งเตือน, ตรวจการทำงานของปุ่มกดหน้าชั้น สัญญาณบอกชั้น ตรวจเช็คอุณหภูมิมอเตอร์ และพัดลมระบายอากาศ ตรวจเช็ค และทดสอบการทำงานของชุดกัฟเวอเนอร์ (Governor) โดยวิธีการใช้มือบังคับ (manual)

- การตรวจสอบบำรุงรักษา ทุกระยะ 3 เดือน รายการตรวจสอบบำรุงรักษา ดังนี้ ตรวจเช็คสภาพการทำงานของหน้าคอนแทครีเลย์ (Contac Relay), ตรวจเช็คทำความสะอาดแผงวงจรไฟฟ้า ขั้วแบตเตอรี่, ตรวจเช็คขั้นตอนการทำงานของระบบทั้งหมด, ตรวจเช็คการทำงานระบบแสงสว่างฉุกเฉิน, ตรวจเช็คชูส์ประตู โรลเล่อร์ประตูลิฟต์ (Roller for Hanger), ตรวจเช็คทำความสะอาดรางรอกแขวนประตู และหล่อลื่นระบบประตู ตรวจเช็คสภาพการสึกหรอและการทำงานชุดกัฟเวอเนอร์

- การตรวจสอบบำรุงรักษา ทุกระยะ 6 เดือน รายการตรวจสอบบำรุงรักษา ดังนี้ ตรวจเช็คปรับตั้งลิมิตสวิทช์ (Limit Switch), ตรวจเช็คไฟแสงสว่างในช่องลิฟต์ บนหลังคาตัวลิฟต์, ตรวจเช็คระดับน้ำมันของบัฟเฟอร์ (Buffer) เป็นอุปกรณ์ป้องกันไม่ให้ตัวลิฟต์กระแทกกับพื้นบ่อลิฟต์ กรณีลิฟต์วิ่งเลยชั้นล่างสุดเนื่องจากความผิดพลาดของระบบควบคุม บัฟเฟอร์จะผ่อนแรงกระแทกเพื่อไม่ให้เกิดอันตรายต่อผู้โดยสาร, ตรวจเช็คสภาพของฉนวนที่สายเทรเวลลิ่งเคเบิล (Travelling Cable), ตรวจเช็คสภาพและความตึงของลวดสลิงกัฟเวอเนอร์, ทดสอบการทำงานของชุดป้องกันมอเตอร์, ขันตรวจเทอร์มินอลของมอเตอร์ทุกตัว

- การตรวจสอบบำรุงรักษาทุกระยะ 12 เดือน รายการตรวจสอบบำรุงรักษา ดังนี้ ตรวจเช็คการทำงานของโอเวอร์โหลดรีเลย์ (Overload relay), ตรวจเช็คสกรูจุดต่อสาย ระดับแรงดันไฟฟ้าภายในตู้คอนโทรลไฟฟ้า, ตรวจทำความสะอาดรางตัวลิฟต์ และรางตุ้มน้ำหนัก, ตรวจเช็คทำความสะอาดรอกขับ, ตรวจเช็คขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของลวดสลิงขับลิฟต์, ตรวจเช็คระดับน้ำมันเกียร์และเปลี่ยนถ่ายตามระยะเวลาที่กำหนด, ขันตรวจความแน่นของน็อตยึดต่างๆ, ตรวจเช็คมอเตอร์พัดลมระบายความร้อน และปริมาณแรงลม, ถอดทำความสะอาดฟิวส์ เซอร์กิตเบรกเกอร์

6.4 การตรวจสอบบำรุงรักษาระบบไฟฟ้าในโรงงาน

ความสำคัญของการตรวจสอบระบบไฟฟ้าโรงงานและบำรุงรักษาระบบไฟฟ้าโรงงาน ปัจจุบันระบบไฟฟ้าโรงงานอุตสาหกรรมจะเป็นระบบไฟฟ้าที่มีอันตรายมากที่สุด เนื่องจากในโรงงานส่วนมากจะใช้ระบบไฟฟ้าที่เป็นระบบสามเฟสสำหรับการขับเคลื่อนของเครื่องจักรต่างๆ ในโรงงานซึ่งจำเป็นจะต้องใช้กระแสไฟฟ้าเป็นตัวขับเคลื่อน หากมีอันตรายจากการใช้งานระบบไฟฟ้าจะส่งผลรวดเร็วมาก บางครั้งอาจจะเกิดเหตุการณ์จากความผิดพลาดหรือเหตุการณ์ที่ไม่คาดฝันเกิดขึ้นได้ เช่น ระบบไฟฟ้าลัดวงจร ทำให้โรงงานไฟไหม้, ระบบไฟฟ้าในโรงงานขัดข้องทำให้เครื่องจักรหยุดทำงานไม่สามารถผลิตสินค้าได้ สร้างความเสียหายให้บริษัทอย่างมหาศาล, หม้อแปลงหลักของโรงงานระเบิดทำให้การขับเคลื่อนของเครื่องจักรหยุดชะงัก เป็นต้น ปัญหาเหล่านี้เมื่อเกิดขึ้นนั้น รวดเร็วและยากที่จะแก้ไขได้ทันซึ่งอาจจะส่งผลเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์ในโรงงานทั้งหมด

สำหรับคุณสมบัติผู้ปฏิบัติงานตรวจสอบบำรุงรักษา รวมไปถึงหลักการตรวจสอบบำรุงรักษาและความถี่ในการตรวจสอบบำรุงรักษาให้ดูที่หัวข้อ 6.3.1, 6.3.2 และ 6.3.3

6.4.1 สาเหตุสำคัญของการเกิดปัญหาต่างๆ ในระบบไฟฟ้าโรงงาน มีดังนี้

1) เกิดจากตัวผู้ใช้งานเองขาดความรู้ความเข้าใจอย่างแท้จริงเกี่ยวกับระบบไฟฟ้าโรงงานและมองข้ามความสำคัญของผู้ดูแลระบบไฟฟ้าโรงงาน

2) ขาดความรู้ความเข้าใจในแปลนระบบไฟฟ้าโรงงาน ซึ่งอาจจะมีการต่อเติมระบบไฟฟ้าไม่ถูกหลักวิชาการและไม่เป็นระบบ

3) ใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ไม่มีมาตรฐาน เน้นราคาถูก ไม่เน้นคุณภาพ

4) ขาดช่างเทคนิคไฟฟ้าที่มีความสามารถในการดูแลระบบไฟฟ้าโรงงาน ซึ่งบางที่ไม่ให้ความสำคัญกับตำแหน่งของช่างไฟฟ้า

5) ขาดการประสานงานที่ดี ระหว่างฝ่ายผลิตและฝ่ายซ่อมบำรุง ทำให้เข้าใจผิดในการสั่งงาน และอาจจะทำให้เกิดอันตรายได้

6) ขาดความเอาใจใส่และไม่ให้ความสำคัญ กับการตรวจสอบระบบไฟฟ้าโรงงานและบำรุงรักษาระบบไฟฟ้าโรงงานประจำปี

6.4.2 วิธีป้องกันการเกิดปัญหาในระบบไฟฟ้าโรงงาน

1) ผู้ใช้งานหรือผู้ดูแลระบบไฟฟ้าต้องศึกษาหาความรู้และทำความเข้าใจในระบบไฟฟ้าและแปลนระบบไฟฟ้าโรงงาน

2) ควรใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ได้รับมาตรฐาน เน้นคุณภาพมากกว่าจำนวนเงินที่ต้องจ่าย

3) คัดสรรช่างเทคนิคไฟฟ้าประจำโรงงาน และต้องมีความรู้ ความสามารถ เพื่อดูแลตรวจสอบระบบไฟฟ้าในโรงงาน หรือสามารถดำเนินการซ่อมแซมระบบไฟฟ้าเบื้องต้นได้

4) ควรมีการประสานงานระหว่างฝ่ายผลิตและฝ่ายซ่อมบำรุงไฟฟ้าให้ชัดเจน

5) โรงงานอุตสาหกรรมจะต้องมีการตรวจสอบระบบไฟฟ้าโรงงานและบำรุงรักษาระบบไฟฟ้าโรงงานประจำปีทุกๆ ปีทั้งนี้เพื่อลดปัญหาที่เกิดขึ้นกับระบบไฟฟ้าภายในโรงงาน

ดังนั้น เจ้าของกิจการหรือผู้ที่เกี่ยวข้องในโรงงานอุตสาหกรรม จะต้องคำนึงถึงความปลอดภัยในระบบไฟฟ้าโรงงาน เพราะเมื่อมีปัญหาเกิดขึ้นกับระบบไฟฟ้านั้นยากที่จะแก้ไขและทำทุกอย่างให้กลับคืนมาเหมือนเดิม บางครั้งมูลค่าความเสียหายอาจจะมากกว่าค่าบำรุงรักษาไฟฟ้าด้วยซ้ำไป และเจ้าของกิจการหรือผู้ที่เกี่ยวข้องควรจะมีความรู้ความเข้าใจในระบบไฟฟ้าที่ถูกต้อง และให้ความสำคัญกับการตรวจสอบระบบไฟฟ้าและบำรุงระบบไฟฟ้าโรงงานประจำปีทุกๆ ปี

6.4.3 การตรวจสอบบำรุงรักษาอุปกรณ์ไฟฟ้าในโรงงาน

1) หม้อแปลงไฟฟ้า (Transformer) หม้อแปลงไฟฟ้าเป็นเครื่องกลไฟฟ้าที่มีความสำคัญชนิดหนึ่งมีการใช้งานได้ตลอดวัน เป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้าสำหรับบ้านพักอาศัย อาคาร สำนักงาน โรงงานอุตสาหกรรม และสถานประกอบการต่างๆ และเป็นเครื่องกลไฟฟ้าที่ทำงานและรับภาระหนัก จึงต้องมีการบำรุงรักษาอย่างถูกต้องตามหลักวิชาการ เพื่อให้ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีอายุการใช้งานเป็นระยะเวลานานๆ นั่นเอง หม้อแปลงเป็นเครื่องกลไฟฟ้าชนิดหนึ่งที่ใช้ในการส่งถ่ายพลังงานไฟฟ้าจากขดลวดชุดหนึ่งไปยังขดลวดอีกชุดหนึ่ง ใช้ในการเพิ่ม ลด และรักษาระดับแรงดันไฟฟ้า โดยที่ความถี่มีค่าเท่าเดิม การทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้าจะไม่มีส่วนใดเคลื่อนที่เหมือนกับมอเตอร์ หรือเครื่องกำเนิดไฟฟ้า จึงมีการสูญเสียกำลังงานในขณะทำงานน้อยกว่าเครื่องกลไฟฟ้าชนิดอื่น จึงทำให้ประสิทธิภาพของหม้อแปลงสูง

การบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้าเป็นสิ่งสำคัญมาก เพื่อให้หม้อแปลงไฟฟ้ายังคงสภาวะปกติและยังทำให้มีอายุการใช้งานยาวนานขึ้น ในระบบฉนวนของหม้อแปลงไฟฟ้านั้นมีส่วน ประกอบหลักคือ น้ำมันฉนวน กระดาษฉนวน ซีลยาง (Seal) ฉนวนทองแดง โดยวัสดุเหล่านี้จะเสื่อมสภาพ เมื่อมีความชื้นน้ำ เขม่า สิ่งเจือปนอื่นๆ และก๊าซปะปนอยู่ซึ่งอาจจะเป็นสาเหตุให้หม้อแปลงไฟฟ้าเสียหายหรือลัดวงจรระเบิดได้ ดังนั้นจึงควรทำการตรวจสอบบำรุงรักษาสภาพ และบำรุงรักษาหม้อแปลงอย่างสม่ำเสมอ โดยทั่วไปควรจะตรวจสอบบำรุงรักษาหม้อแปลงทุกๆ 6 เดือน เพื่อเป็นการลดค่าความเสียหายอีกทั้งยังทำให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดจากการใช้งาน

1.1 องค์ประกอบของการตรวจสอบและบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้า หม้อแปลงไฟฟ้าอุปกรณ์ที่มีการใช้งานตลอด 24 ชั่วโมง ควรจะต้องมีการวางแผนการบำรุงรักษาที่ดี เพื่อให้สามารถใช้งานได้อย่างต่อเนื่องและมีระยะเวลาการใช้งานนานๆ การวางแผนบำรุงรักษามักจะทำเป็นช่วงเวลาปีละหนึ่งครั้ง สองครั้ง หรือ สามครั้ง ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบในการตรวจสอบบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้า ช่วงเวลาในการตรวจสอบบำรุงรักษาหม้อแปลงจะพิจารณาจากองค์ประกอบต่างๆ ดังต่อไปนี้

- อายุการใช้งานของหม้อแปลงไฟฟ้าที่ถูกใช้งานมาเป็นเวลานาน อาจจะมีปัญหาเกิดขึ้นง่ายมากกว่าหม้อแปลงไฟฟ้าใหม่ ดังนั้นจึงควรจะตรวจสอบโดยละเอียด และบ่อยครั้งขึ้น
- ความสำคัญของการใช้งานหม้อแปลงไฟฟ้า หม้อแปลงบางตัวมีภาระการใช้งานในส่วนที่สำคัญ เมื่อเกิดปัญหาทำให้ไม่สามารถจ่ายไฟฟ้าได้ ไฟฟ้าดับทั่วโรงงาน กระบวนการผลิตหยุดชะงักเกิดผลเสียอย่างมาก ควรจะต้องมีการตรวจสอบและบำรุงรักษาเป็นพิเศษ

- สภาพแวดล้อมที่ติดตั้งหม้อแปลงไฟฟ้า เช่น การระบายอากาศของสถานที่ติดตั้ง ฝุ่นละออง ความชื้น ติดตั้งบริเวณพื้นที่ใกล้ทะเล ซึ่งจะเป็นผลต่อสภาพฉนวนของหม้อแปลงไฟฟ้าทำให้เกิดการเสื่อมสภาพส่วนที่เป็นโลหะซึ่งมักจะถูกกัดกร่อน ควรจะหาวิธีป้องกันและบำรุงรักษาให้เหมาะสม

- สภาวะการใช้งาน หม้อแปลงไฟฟ้าที่มีการใช้งานผิดปกติ เช่น ใช้งานเกินพิกัด หรือเกิดไฟฟ้าลัดวงจรที่ระบบจ่ายไฟ ควรจะมีการตรวจสอบเป็นพิเศษ ซึ่งจะต้องรีบดำเนินการในทันทีเมื่อเกิดเหตุหรือเมื่อมีโอกาสหยุดการจ่ายไฟ

1.2 ชนิดของการตรวจสอบและบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้า มี 3 ชนิด ดังนี้

- การตรวจสอบประจำวัน (Daily Inspection) โดยการตรวจดูสภาพภายนอกทั่วๆ ไปในขณะที่หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังใช้งานอยู่ เช่น สภาพสีหรือตัวถังของหม้อแปลงไฟฟ้า สภาพของลูกถ้วยด้านแรงสูงและแรงต่ำ ระดับน้ำมันและสารกันความชื้น หรืออาจจะใช้หูฟังเสียงผิดปกติที่เกิดขึ้นจากหม้อแปลงไฟฟ้า หรือใช้จมูกดมกลิ่นที่เหม็นไหม้ผิดปกติที่เกิดจากความร้อนสูง หรืออาจจะใช้มือสัมผัส เป็นต้น

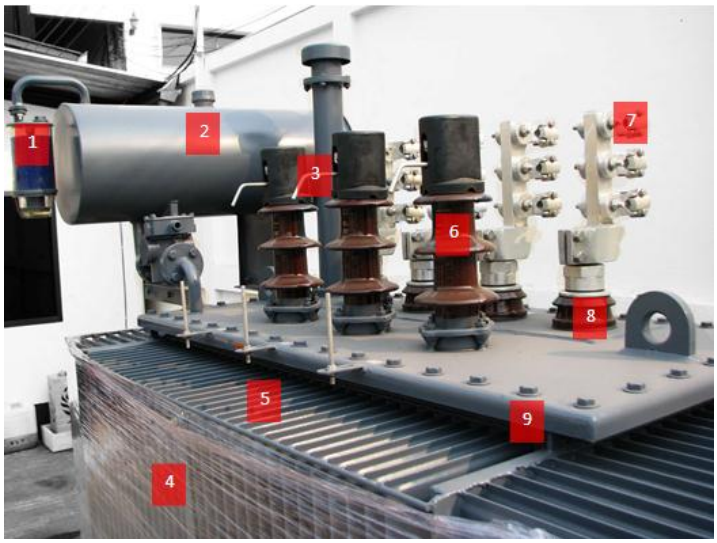
- การตรวจสอบตามกำหนดเวลา (Regular Inspection) เป็นการตรวจสอบหม้อแปลงไฟฟ้าขณะไม่ถูกใช้งาน มี 2 ลักษณะ คือ การตรวจสอบประจำ (Routine Inspection) เป็นการใช้เวลาสั้นๆ การตรวจสอบและบำรุงรักษาแบบนี้อาจจะเป็นระยะเวลา 1-2 ครั้ง/ปี เป็นการตรวจสอบภายนอก ตรวจสอบการทำงาน ทำความสะอาด หยอดน้ำมันหล่อลื่นชิ้นส่วนต่างๆ รวมทั้งการวัดค่าความต้านทานฉนวนของขดลวดหม้อแปลง การตรวจสอบลักษณะที่สองคือการตรวจสอบเฉพาะ (Particular Inspection) แบบนี้จะใช้เวลามากขึ้นในการตรวจสอบบำรุงรักษา อาจจะเป็นทุกปี หรือทุกๆ 2 ปี เป็นการตรวจสอบโดยละเอียด อาจจะถอดชิ้นส่วนต่างๆ ออกทั้งหมดเพื่อตรวจสอบสภาพภายในของหม้อแปลง หรือเปลี่ยนชิ้นส่วนบางชิ้นออกและแก้ไขข้อขัดข้องต่างๆ เพื่อให้หม้อแปลงไฟฟ้าอยู่ในสภาพที่พร้อมใช้งาน

- การตรวจสอบพิเศษ (Special Inspection) เป็นการตรวจสอบหม้อแปลงไฟฟ้าที่ดำเนินการโดยผู้เชี่ยวชาญของบริษัทผู้ผลิต เมื่อถึงกำหนดที่จะต้องตรวจสอบตามอายุการใช้งาน ซึ่งจะทำการตรวจสอบขณะที่หม้อแปลงไฟฟ้าไม่ได้ใช้งาน

1.3 การตรวจสอบบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้าเบื้องต้น จุดที่จะทำการตรวจสอบเบื้องต้นนั้นจะอธิบายไว้ตามหมายเลข ดังรูปที่ 6.14 ดังนี้

- ตรวจสอบซิลิก้าเจล (Silica Gel) หรือสารดูดความชื้น หมายเลข 1 หากเสื่อมคุณภาพจะเปลี่ยนจากสีน้ำเงินเป็นสีชมพูหรือสีดำ ควรเปลี่ยนใหม่ทันที

- ตรวจสอบถังอะไหล่น้ำมันหม้อแปลงไฟฟ้า หมายเลข 2 ว่ามีระดับน้ำมันต่ำจะต้องเติมน้ำมันเพิ่ม



รูปที่ 6.14 จุดที่ทำการตรวจสอบบำรุงรักษาเบื้องต้น[14]

- ตรวจสอบการชำรุดของอาร์คซิ่งฮอร์น (Arcing Horn) หรือบิดงอไม่ได้ระยะหรือไม่ อาร์คซิ่งฮอร์นเป็นอุปกรณ์ป้องกันหม้อแปลงมิให้ชำรุดเสียหายจากภาวะแรงดันเกินที่เกิดจากฟ้าผ่า สาหรับระยะช่องว่าง (Air Gap) ของอาร์คซิ่งฮอร์นที่บุชชิ่งแรงสูงของหม้อแปลงไฟฟ้า (Transformer Bushing) ตามมาตรฐานของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคกำหนดไว้ดังนี้ ระบบ 11 kV ระยะห่าง 8.6 เซนติเมตร, ระบบ 22 kV ระยะห่าง 15.5 เซนติเมตร, ระบบ 33 kV ระยะห่าง 22.0 เซนติเมตร,

- ตรวจสอบสภาพและความสกปรกของครีบระบายความร้อน หมายเลข 4

- ตรวจสอบสภาพของถังหม้อแปลงไฟฟ้า หมายเลข 5 ว่าขึ้นสนิม ผุ หรือชำรุดหรือไม่

- ตรวจสอบบุชชิ่งแรงสูง - แรงต่ำ หมายเลข 6 ว่ามีสภาพบิ่น แตก ชำรุด หรือมีฝุ่นเกาะหนาซึ่งอาจจะเป็นสาเหตุทำให้ตัวนำให้ไฟรั่วลงดินและส่งผลทำให้ไฟฟ้าดับได้

- ตรวจสอบขั้วต่อสายแรงสูง – แรงต่ำที่บุชชิ่ง ว่ามีอาการหลวมหรือเกิดอ๊อกไซด์ (Oxide) จับหรือไม่ซึ่งจะเป็นสาเหตุทำให้เกิดการอาร์คของกระแสไฟฟ้า (Electric Arc) ที่เคลื่อนที่ผ่านช่องว่าง (ระหว่างตัวนำไฟฟ้าคนละชิ้น) ในเส้นทางเดียวกัน ซึ่งจะทำให้เราเห็นเป็นลำแสงหรือ ประกายไฟ (Spark)

- ตรวจสอบสภาพของซีลยาง หมายเลข 8 ว่ามีอาการชำรุดทำให้น้ำมันไหลซึมออกมาหรือไม่

- ตรวจสอบสภาพของประเก็นฝาถัง หมายเลข 9 ว่ามีอาการกรอบหรือไม่ หากหมดสภาพหรือชำรุดน้ำมันจะไหลซึมออกมา

1.4 รายการตรวจสอบหม้อแปลงไฟฟ้า ดังนี้

[14] สืบค้นเมื่อ 27/10/58 http://www.bangkoktransformer.co.th/article.php?id=4

- การตรวจสอบห้องหม้อแปลง มีรายการตรวจสอบ ดังนี้ ตรวจสภาพห้องหม้อแปลง, ตรวจบ่อพักน้ำมัน, ตรวจระยะห่างระหว่างหม้อแปลง, ตรวจที่ว่างในห้อง, มีป้ายเตือน, มีเครื่องดับเพลิง, ตรวจการต่อลงดินของส่วนที่เป็นโลหะ, วัดค่าความต้านทานการต่อลงดิน, ตรวจการระบายอากาศในห้องหม้อแปลง, ตรวจอุณหภูมิในห้องหม้อแปลง, ตรวจการป้องกันการสัมผัสส่วนที่มีไฟฟ้า

- การตรวจสอบลานหม้อแปลง มีรายการตรวจสอบ ดังนี้ ตรวจสถานที่ตั้งลานหม้อแปลง, ตรวจระยะห่างระหว่างหม้อแปลงกับรั้ว, ตรวจความสูงและสภาพรั้ว, ตรวจการต่อลงดินของส่วนที่เป็นโลหะ, ตรวจวัดค่าความต้านทานการต่อลงดิน, ตรวจพื้นลานหม้อแปลงต้องมีหินเบอร์สอง, มีป้ายเตือน

- การตรวจป้องกันการสัมผัสส่วนที่มีไฟฟ้านั่งร้านหม้อแปลง มีรายการตรวจ ดังนี้ ตรวจสภาพและความแข็งแรงของเสา, ตรวจการต่อลงดินของส่วนที่เป็นโลหะ, ตรวจค่าความต้านทานการต่อลงดิน, ตรวจการป้องกันการสัมผัสส่วนที่มีไฟฟ้า

1.5 รายการตรวจสอบหม้อแปลงไฟฟ้าแรงสูง

- การตรวจสอบปลอกนำสาย (Bushing) มีรอยแตกเสียหายหรือไม่มีฝุ่นหรือคราบเกลือจับที่ผิวหรือไม่ ทำความสะอาดผิว (รายปี)

- การตรวจสอบสายนำออก ขั้วต่อสายไฟร้อนเกินไปหรือไม่, ส่วนต่อของสายเมนและสายนำออกจำขั้วแรงดันไฟต่ำร้อนเกินไปหรือไม่ ดูได้จากรอยไหม้หรือการเปลี่ยนสีของสายไฟฟ้า

- การตรวจสอบน้ำมันฉนวน ปริมาณน้ำมันเพียงพอเหมาะหรือไม่ ดูได้จากขีดบอกปริมาณน้ำมัน, น้ำมันมีความคงทนต่อแรงดันไฟดีหรือไม่ (รายปี), ระดับ pH ของน้ำมันดีหรือไม่ (รายปี)

- การทดสอบความต้านทานฉนวน วัดค่าความต้านทานของฉนวน (รายปี) ระหว่างกราวนด์กับด้านปฐมภูมิและทุติยภูมิ 30 MΩ ระหว่างกราวนด์กับด้านทุติยภูมิ 5 MΩ ที่ 55°C

- การตรวจสอบสายดิน สายดินขาด หรือหลุดหรือไม่ ขั้วต่อสายดินหลวมหรือไม่

- การตรวจสอบลักษณะการติดตั้ง ลักษณะการติดตั้งดีหรือไม่ มีร่องรอยเสียหายหรืออยู่ในสภาพอันตรายหรือไม่

- การตรวจสอบสภาพภายนอก ตัวถังมีรอยบิดเบี้ยวหรือเกิดสนิมเสียหายหรือไม่ ตัวถังร้อนเกินไปหรือไม่ น้ำมันรั่วหรือไม่ มีเสียงหรือกลิ่นผิดปกติหรือไม่ สารดูดความชื้นเปลี่ยนสีไปหรือไม่

- การตรวจสอบอุณหภูมิ ในกรณีที่ไม่มีเทอร์โมมิเตอร์ ให้ใช้มือสัมผัสวัดความร้อนดูหลังจากที่ได้ทดสอบให้แน่ใจว่าไม่มีกระแสแล้ว หรือถ้ามีแผ่นเทปบอกอุณหภูมิติดอยู่อาจดูได้จากสีของแผ่นเทปที่เปลี่ยนไป ในกรณีจำเป็นอาจวัดอุณหภูมิดูในขณะที่หม้อแปลงมีโหลดเต็มที่ ถ้าหม้อแปลงร้อนเป็นบางส่วนแสดงว่าภายในผิดปกติให้ทำการตรวจสอบ

- วิธีตรวจสอบ Static capacity การตรวจสอบปลอกนำสายมีรอยแตกเสียหายหรือไม่ มีฝุ่นหรือคราบเกลือจับที่ผิวหรือไม่ ทำความสะอาดผิวปลอกนำสาย (รายปี)

1.6 ข้อแนะนำเพิ่มเติมสำหรับการบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้า ดังนี้

- การทำความสะอาดปลอกนำสาย ห้ามใช้ใบมีดขูดรอยสกปรกที่แข็งจับตัวบนผิวของปลอกนำสาย ให้ใช้ผ้าเช็ดอย่างบรรจง

- การทดสอบความต้านทานของฉนวน วัดความต้านทานของฉนวนระหว่างขั้วต่อต่างๆ กับตัวถัง (กราวนด์) (รายปี)

- ความต้านทานตามผิวของปลอกนำสายมีผลต่อค่าความต้านทานของฉนวนระหว่างขั้วต่อต่างๆ กับตัวถัง ใช้เครื่องวัดเมกเกอร์ขนาด 1,000 V

- การทดสอบความต้านทานต่อลงดินวัดค่าความต้านทานต่อลงดิน (รายปี)

- การตรวจสอบสภาพภายนอก (ตัวถัง) ตัวถังบิดเบี้ยวเสียหาย หรือเป็นสนิมหรือไม่ - ตัวถังป่องออกมาผิดปกติหรือไม่ ตัวถังร้อนเกินไปหรือไม่ น้ำมันรั่วหรือไม่ มีเสียง หรือกลิ่นผิดปกติหรือไม่ ขั้วต่อสายร้อนเกินไปหรือไม่ สายดินขาดหรือหลุดหรือไม่ ขั้วสายดินหลวมเกินไปหรือไม่

- การตรวจสอบสภาพที่ตัวถังร้อนเกิน ดูได้จากรอยบิดเบี้ยวหรือสีที่เปลี่ยนไป

- การตรวจสอบสภาพน้ำมันโดยการสังเกตที่ผิวของหม้อแปลงไฟฟ้า ถ้าผิวของตัวถังมีน้ำมันซึมออกมานิดหน่อยไม่เป็นไร แต่ถ้ารั่วให้รีบจัดการเปลี่ยนในทันที

- การตรวจสอบสภาพที่ขั้วต่อร้อนเกิน ดูได้จากรอยไหม้หรือสีที่เปลี่ยนไป

- การตรวจสอบสภาพความหนาแน่นของสายดิน ให้ใช้มือลองจับสายดินดู หากว่าโยกหลวมเกินไปให้ขันขั้วต่อสายดินให้แน่น

2) ตู้ควบคุมมอเตอร์ (Motor Control Center) รายการตรวจสอบมอเตอร์และวงจรควบคุมมอเตอร์

- ตรวจสอบสภาพของมอเตอร์ และขั้วต่อสาย ดังนี้ ตรวจวัดไฟรั่ว, ตรวจการป้องกันน้ำ และฝน, ตรวจอุณหภูมิมอเตอร์และการระบายอากาศ, ตรวจขนาดและสภาพสายวงจรมอเตอร์ ตรวจขนาดและสภาพสายป้อนของวงจรมอเตอร์, ตรวจพิกัดเครื่องป้องกันกระแสลัดวงจรของวงจรมอเตอร์ ตรวจพิกัดเครื่องป้องกันกระแสลัดวงจรของวงจรสายป้อน, ตรวจการติดตั้งและปรับตั้งเครื่องป้องกันโหลดเกิน, ตรวจกระแสมอเตอร์, ตรวจการต่อลงดิน, ตรวจการป้องกันการสัมผัสส่วนที่มีไฟฟ้า

- การเดินสายในรางเคเบิล รายการตรวจสอบการเดินสายในรางเคเบิล ดังนี้ ตรวจสภาพรางเคเบิล และการจับยึด, ตรวจการจัดกลุ่มสายไฟฟ้า, ตรวจขนาดสายไฟฟ้า, ตรวจสภาพสายไฟฟ้า, ตรวจจุดต่อสาย, ตรวจความต่อเนื่องของระบบการต่อลงดิน

- การเดินสายร้อยท่อ รายการตรวจสอบการเดินสายร้อยท่อ ดังนี้ ตรวจสอบท่อร้อยสาย กล่องต่อสาย และการจับยึด, ตรวจสภาพสายไฟฟ้า, ตรวจขนาดสายไฟฟ้า, ตรวจจำนวนสายไฟฟ้าในท่อร้อยสาย, ตรวจจุดต่อสาย, ตรวจการต่อลงดินของท่อร้อยสาย

- การเดินสายตามมาตรฐาน รายการตรวจสอบการเดินสายตามมาตรฐาน ดังนี้ ตรวจสภาพสายที่เดินผ่าน ช่องหรือรู, ตรวจการป้องกันความร้อนจากกระแสเหนี่ยวนำ, ตรวจการต่อลงดิน ตรวจการป้องกันไฟลุกลาม, ตรวจการเดินสายควบ, ตรวจการต่อลงดินของท่อร้อยสาย, ตรวจการจัดกลุ่มสายไฟฟ้า

3) อุปกรณ์ป้องกันระบบไฟฟ้า (Phase Protection Relay) ดังรูปที่ 6.15 คือ อุปกรณ์ป้องกันปัญหาทางด้านแรงดันไฟฟ้าในเฟส เช่น แรงดันไฟฟ้าต่ำกว่าปกติหรือที่เรียกว่าแรงดันไฟตก แรงดันไฟฟ้าเกินแบบฉับพลัน เป็นต้น ด้วยความสามารถในการป้องกันทางด้านแรงดันได้อย่างมี

รูปที่ 6.15 Phase Protection Relay[15]

ประสิทธิภาพเที่ยงตรง จึงสามารถป้องกันอุปกรณ์ก่อนจะได้รับความเสียหายจากปัญหาดังกล่าวได้เป็นอย่างดี ถ้าในระบบไฟฟ้ามี Phase Protection Relay ก็จะสามารถช่วยป้องกันอุปกรณ์ไฟฟ้าเมื่อมีแรงดันไฟฟ้าตก แรงดันไฟฟ้าเกิน หรือแรงดันไฟฟ้ามาไม่ครบ 3 เฟสถ้าไม่มี Phase Protection Relay ในระบบหรือถ้าไม่ได้ติดตั้ง Phase Protection Relay จะทำให้อุปกรณ์ที่ติดตั้งอยู่ในระบบไฟฟ้าเกิดการเสียหาย เช่น มอเตอร์ 3เฟสเกิดความเสียหาย เนื่องจากเมื่อมีแรงดันมาไม่ครบเฟสจะส่งผลทำให้กระการในการผลิตหยุดทันที

รูปที่ 6.16 สไลด์ปรับแรงดันไฟฟ้า[16]

[15] สืบค้นเมื่อ 27/10/58 http://www.motorcontroller.in/voltage_monitoring_relay1.html

[16] สืบค้นเมื่อ 27/10/58 http://thai.alibaba.com/promotion/promotion_3-phase-variac-promotion-list_2.html

การทดสอบอุปกรณ์ป้องกันระบบไฟฟ้าประเภทนี้อาจจะต้องทำการตัดระบบแล้วทำการทดสอบการทำงานของอุปกรณ์เฉพาะส่วน เนื่องจากการทดสอบแรงดันตก หรือแรงดันเกินจะต้องใช้อุปกรณ์เพิ่มและลดแรงดัน (Variac) หรือสไลด์ปรับแรงดันไฟฟ้า ดังรูปที่ 6.16 อาจจะทำให้อุปกรณ์อื่นที่ต่ออยู่ในระบบเกิดความเสียหายได้

4) เครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator) การตรวจสอบบำรุงรักษา ดังนี้ ตรวจสอบหลอดไฟและอุปกรณ์เครื่องวัดของตู้ควบคุม (Control Panel), ตรวจสอบอุปกรณ์ป้องกันขั้วต่อต่างๆ, ตรวจสอบสายดิน ระบบการต่อลงดินว่าถูกต้องหรือไม่, ตรวจสอบน้ำมันเชื้อเพลิง น้ำมันหล่อลื่น น้ำหล่อเย็น, ตรวจสอบกรองอากาศ สายพาน และซีลยางต่างๆ, ตรวจสอบสิ่งกีดขวางระบบระบายอากาศ, ตรวจสอบแบตเตอรี่ และระบบชาร์จแบตเตอรี่

แบบฝึกหัดบทที่ 6

เรื่อง การตรวจซ่อมบำรุงรักษาระบบไฟฟ้าในอาคารและในโรงงาน

วิชา การติดตั้งไฟฟ้า 1 **รหัสวิชา** 3104-2001 **ระดับ** ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.)

ตอนที่ 1 จงเลือกคำตอบที่ถูกที่สุด และทำเครื่องหมาย X ลงในช่องของกระดาษคำตอบ

1. กฎกระทรวงกำหนดมาตรการความปลอดภัยเกี่ยวกับระบบไฟฟ้าในโรงงาน พ.ศ.ใด
   - ก. พ.ศ. 2549
   - ข. พ.ศ. 2550
   - ค. พ.ศ. 2551
   - ง. พ.ศ. 2552
2. ข้อใดคือสาเหตุที่งานตรวจสอบและซ่อมบำรุงระบบไฟฟ้าถือว่าเป็นสิ่งที่สำคัญ
   - ก. เนื่องจากจะเป็นสิ่งที่จะบ่งบอกถึงความต่อเนื่องของแรงดันไฟฟ้าและมีความเชื่อถือได้
   - ข. เนื่องจากจะเป็นสิ่งที่จะบ่งบอกถึงเรื่องของความปลอดภัย
   - ค. เนื่องจากจะเป็นสิ่งที่จะบ่งบอกถึงระบบไฟฟ้าสามารถใช้งานได้ยาวนาน
   - ง. ถูกทุกข้อ
3. สิ่งสำคัญของการบำรุงรักษาเชิงป้องกันคือข้อใด
   - ก. การตรวจสอบสภาพเพื่อให้ทราบว่าระบบหรืออุปกรณ์มีร่องรอยการเสื่อมสภาพหรือไม่
   - ข. การตรวจสอบสภาพเพื่อให้ทราบว่าระบบหรืออุปกรณ์มีการใช้งานเกินกำลังหรือไม่
   - ค. การตรวจสอบสภาพเพื่อให้ทราบว่าระบบหรืออุปกรณ์มีการใช้งานผิดประเภทหรือไม่
   - ง. ข้อ ก และ ข ถูกต้อง
4. ในการตรวจสอบการบำรุงรักษาเชิงป้องกันสามารถทำได้กี่แบบ อะไรบ้าง
   - ก. 1 แบบ คือ การตรวจสอบแบบ Visual Inspection
   - ข. 2 แบบ คือ การตรวจสอบด้วยสายตา และการตรวจสอบด้วยเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า
   - ค. 3 แบบ คือ การตรวจสอบด้วยสายตา การตรวจสอบด้วยหู และการตรวจสอบด้วยการสัมผัส
   - ง. 4 แบบ คือ การตรวจสอบด้วยสายตา การตรวจสอบด้วยหู และการตรวจสอบด้วยการสัมผัส และการตรวจสอบด้วยเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า
5. ข้อใดต่อไปนี้ให้คำนิยามของคำว่าการบำรุงรักษา<u>ไม่ถูกต้อง</u>
   - ก. การบำรุงรักษาจะต้องประหยัด และมีความปลอดภัยต่อบุคลากรที่ต้องเข้าไปเกี่ยวข้องด้วย
   - ข. การบำรุงรักษาจะต้องพิจารณาในด้านการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุด
   - ค. การบำรุงรักษาที่ถูกวิธีจะต้องทำในช่วงเวลาที่เหมาะสมเท่านั้น
   - ง. การบำรุงรักษาเป็นงานทางด้านเทคนิคเพียงอย่างเดียว

6. ข้อใดต่อไปนี้เรียงลำดับขั้นการวางแผนงานการบำรุงรักษาแบบป้องกันได้ถูกต้องที่สุด

ก. การศึกษาและคัดเลือกอุปกรณ์ วางแผนการใช้ทรัพยากร จัดทำตารางการปฏิบัติงาน ดำเนินงาน บันทึกผลการปฏิบัติงาน ตรวจสอบและปรับแต่งแผน

ข. การศึกษาและคัดเลือกอุปกรณ์ กำหนดมาตรฐานการปฏิบัติงาน วางแผนการใช้ทรัพยากร จัดทำตารางการปฏิบัติงาน ดำเนินงาน บันทึกผลการปฏิบัติงาน

ค. การศึกษาและคัดเลือกอุปกรณ์ กำหนดมาตรฐานการปฏิบัติงาน วางแผนการใช้ทรัพยากร จัดทำตารางการปฏิบัติงาน ดำเนินงาน บันทึกผลการปฏิบัติงาน ตรวจสอบและปรับแต่งแผน

ง. การศึกษาและคัดเลือกอุปกรณ์ จัดทำตารางการปฏิบัติงาน ดำเนินงาน บันทึกผลการปฏิบัติงาน ตรวจสอบและปรับแต่งแผน

7. ข้อใดต่อไปนี้ให้ความหมายของ Preventive Maintenance Grouping ได้อย่างถูกต้องที่สุด

ก. การบำรุงรักษาแบบป้องกันซึ่งรวบรวมงานที่สัมพันธ์ในระหว่างในแผนกต่างๆ เข้าเป็นกลุ่มของงานเดียวกัน

ข. การบำรุงรักษาแบบแก้ไขซึ่งรวบรวมงานที่สัมพันธ์ในระหว่างในแผนกต่างๆ เข้าเป็นกลุ่มของงานเดียวกัน

ค. การจัดกลุ่มการบำรุงรักษาแบบป้องกัน ซึ่งจะรวบรวมอุปกรณ์ที่มีลักษณะการทำงานใกล้เคียงกันเข้าเป็นกลุ่มเดียวกัน

ง. การจัดกลุ่มการบำรุงรักษาแบบแก้ไข ซึ่งจะรวบรวมอุปกรณ์ที่มีลักษณะการทำงานใกล้เคียงกันเข้าเป็นกลุ่มเดียวกัน

8. ข้อใดกล่าวถึงประโยชน์จากการจัดกลุ่มการบำรุงรักษาแบบป้องกัน<u>ไม่ถูกต้อง</u>

ก. ลดเวลา และการทำงานซ้ำซ้อนของคนแต่ละหน่วยงานในขั้นตอนต่างๆ

ข. เกิดการประสานงานกันในการดำเนินงาน

ค. อุปกรณ์เครื่องมือ เครื่องจักร มีความปลอดภัยสูง

ง. ลดขนาดหรือจำนวนคนในการปฏิบัติงาน และปริมาณของเครื่องมือลงได้

9. “สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีกำหนดงานเสร็จสอดคล้องกันตามขั้นตอนการทำงาน ทำให้สามารถใช้ประโยชน์ (Availability) ของอุปกรณ์ได้อย่างสูงสุด” ที่กล่าวมาข้างต้นมีความสัมพันธ์กับข้อใดต่อไปนี้มากที่สุด

ก. จุดมุ่งหมายของการบำรุงรักษา

ข. การวางแผนงานการบำรุงรักษา

ค. การจัดกลุ่มการบำรุงรักษา

ง. ประโยชน์จากการจัดกลุ่มการบำรุงรักษา

10. การชำรุดและการเสื่อมสภาพของอุปกรณ์สำหรับกลุ่มที่โอกาสชำรุดไม่แน่นอนคือข้อใด

ก. Random Failure

ข. Regular Failure

ค. With Failure Developing Time

ง. Without Failure Developing Time

11. ข้อใดอธิบายความหมายของ Random Failure with Failure Developing Time ได้ถูกต้องที่สุด

ก. อุปกรณ์ เครื่องมือ เครื่องจักร ที่มีโอกาสชำรุดไม่ที่แน่นอน และมีลักษณะการเสื่อมสภาพแบบค่อย ๆ เสื่อม

ข. อุปกรณ์ เครื่องมือ เครื่องจักร ที่มีโอกาสชำรุดที่ไม่แน่นอน และมีลักษณะการเสื่อมสภาพแบบทันทีทันใด

ค. อุปกรณ์ เครื่องมือ เครื่องจักร ที่มีโอกาสชำรุดที่แน่นอน และมีลักษณะการเสื่อมสภาพแบบแบบค่อยๆ เสื่อม

ง. อุปกรณ์ เครื่องมือ เครื่องจักร ที่มีโอกาสชำรุดที่แน่นอน และมีลักษณะการเสื่อมสภาพทันทีทันใด

12. การทดสอบความต้านทานฉนวนจะต้องใช้เครื่องมือตามข้อใด

ก. Gauss/Tesla Meter

ข. Hi-Pot Tester, Withstanding Voltage Tester

ค. Phase Sequence Tester

ง. Insulation (M Ohm) Tester

13. การตรวจสอบที่ดำเนินการปีละครั้ง คือข้อใด

ก. ทดสอบระบบทางกลของเซอร์กิตเบรกเกอร์ ทดสอบความเป็นฉนวนของสวิตช์เกียร์

ข. ทำความสะอาดอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ตรวจสอบฟิวส์และทำความสะอาด

ค. ตรวจสอบด้วยสายตาที่อุปกรณ์สายดิน ตรวจสอบจุดเชื่อมต่อที่สวิตช์เครื่องปรับอากาศ

ง. ถูกทุกข้อ

14. ข้อใดต่อไปนี้กล่าวถึงประโยชน์ของการตรวจสอบบำรุงรักษาตู้จ่ายไฟหลักและแผงจ่ายไฟฟ้าย่อย หรือแผงไฟฟ้าย่อย<u>ไม่ถูกต้อง</u>

ก. อุปกรณ์ที่อยู่ภายในตู้มีความพร้อมทำงานได้ตลอดเวลาและอยู่ในสภาพการทำงานที่เป็นปกติ

ข. สามารถช่วยยืดอายุการใช้งานของอุปกรณ์ และยังช่วยให้อุปกรณ์ที่อยู่ภายในตู้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

ค. ระบบไฟฟ้ามีความเสถียรภาพมากยิ่งขึ้น และลดความเสี่ยงจากการเกิดความร้อนเนื่องจากกระไฟฟ้าไหลผ่านอุปกรณ์ภายในตู้

ง. ข้อ ก และ ข กล่าวไม่ถูกต้อง

15. ตรวจสอบสภาพของสายไฟฟ้าอย่างน้อยปีละกี่ครั้ง

ก. อย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง

ข. อย่างน้อยปีละ 2 ครั้ง

ค. อย่างน้อยปีละ 3 ครั้ง

ง. อย่างน้อยปีละ 4 ครั้ง

16. กรณีที่ตรวจสอบตู้จ่ายไฟหลักแล้วพบว่ามีการใช้ไฟฟ้ามากขึ้นควรปฏิบัติอย่างไร

ก. ตรวจสอบขนาดของสายไฟฟ้าที่ใช้อยู่ว่ามีความเหมาะสมหรือไม่ ถ้าขนาดสายไม่เพียงพอจะต้องดำเนินการเปลี่ยนใหม่

ข. ตรวจสอบขนาดของสายไฟฟ้าที่ใช้อยู่ว่ามีความเหมาะสมหรือไม่ ถ้าขนาดสายไม่เพียงพอจะต้องดำเนินการขนานสายไฟฟ้ากับวงจรเดิมให้มีจำนวนสายเพิ่มขึ้น

ค. ตรวจสอบขนาดสายไฟฟ้าของอุปกรณ์ เครื่องมือ เครื่องจักรที่ใช้อยู่ว่ามีความเหมาะสมหรือไม่ ถ้าขนาดสายไม่เพียงพอจะต้องดำเนินการขนานสายไฟฟ้ากับวงจรเดิมให้มีจำนวนสายเพิ่มขึ้น

ง. ถูกทุกข้อ

17. ข้อใดอธิบายได้อย่างถูกต้องที่สุดเกี่ยวกับการทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ระบบเตือนภัย โดยให้ทำการทดสอบตามฟังก์ชั่น (Function) การทำงาน

ก. การทดสอบการแจ้งเตือนของอุปกรณ์ส่งสัญญาณเตือนเหตุเพลิงไหม้ที่เกิดจากการตรวจจับ (Detector) แล้วสังเกตดูการทำงานของระบบเตือนภัยว่าเป็นปกติหรือไม่

ข. การทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ควบคุมโดยการทำให้เกิดปัญหา เช่น การถอดสายออกอุปกรณ์ต่างๆ แล้วรอดูผลการแจ้งเตือนไปที่ตัวอุปกรณ์ควบคุม

ค. การทดสอบสวิตช์กดแจ้งเหตุเมื่อเกิดเพลิงไหม้ (Manual Station) บางครั้งอาจจะเป็นแบบคันโยก หรือแบบทุบกระจกให้แตก การทดสอบนี้จะทดสอบโดยการใช้งานจริง

ง. ถูกทุกข้อ

18. เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบระบบล่อฟ้า

ก. เครื่องมือวัดแรงดันไฟฟ้า

ข. เครื่องมือทดสอบสายดิน

ค. เครื่องมือวัดค่ากระแสไฟฟ้า

ง. เครื่องมือวัดค่ากำลังไฟฟ้า

19. ข้อใดเป็นการตรวจสอบระบบล่อฟ้าที่<u>ไม่ถูกต้อง</u>

ก. การถอดหัวล่อฟ้านำลงมาทดสอบด้วยเครื่องมือทดสอบการทำงานของหัวล่อฟ้า

ข. ตรวจสอบสภาพของเสาล่อฟ้า ฐานเสาสายสลิงยึดเสาล่อฟ้า

ค. ตรวจสอบสายตัวนำลงดิน และวัดค่าความต้านทานของดิน

ง. ตรวจสอบสายตัวนำลงดิน เสาล่อฟ้า และวัดค่าความต้านทานของสายดินกับเสาล่อฟ้า

20. ชนิดของการตรวจสอบและบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้า มีกี่ชนิดอะไรบ้าง

ก. 2 ชนิด คือ การตรวจสอบประจำวัน การตรวจสอบตามกำหนดเวลา

ข. 3 ชนิด คือ การตรวจสอบประจำวัน การตรวจสอบตามกำหนดเวลา การตรวจสอบพิเศษ

ค. 4 ชนิด คือ การตรวจสอบประจำวัน การตรวจสอบประจำสัปดาห์ การตรวจสอบตามกำหนดเวลา การตรวจสอบพิเศษ

ง. 5 ชนิด คือ การตรวจสอบประจำวัน การตรวจสอบประจำสัปดาห์ การตรวจสอบประจำเดือน การตรวจสอบตามกำหนดเวลา การตรวจสอบพิเศษ

ตอนที่ 2 จงตอบคำถามต่อไปนี้

2.1 จงอธิบายถึงความสำคัญของการตรวจสอบบำรุงรักษาระบบไฟฟ้าในอาคารและโรงงาน

2.2 IEC Pub1 271 ได้ให้คำนิยามเกี่ยวกับการบำรุงรักษาอย่างไรบ้าง

2.3 จงอธิบายลักษณะงานการบำรุงรักษาแบบป้องกันจะประกอบไปด้วยลักษณะงานแบบใดบ้าง

2.4 การบำรุงรักษาแบบแก้ไขแบ่งได้เป็นกี่ชนิด อะไรบ้าง

2.5 จงอธิบายเปรียบเทียบระหว่างการบำรุงรักษาแบบป้องกันและการบำรุงรักษาแบบแก้ไข

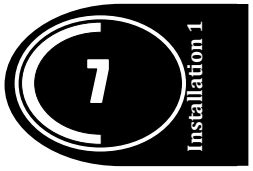
2.6 Multifunction Tester คืออะไร สามารถจะใช้ประโยชน์จากอุปกรณ์ดังกล่าวอย่างไรบ้าง

2.7 จงอธิบายหลักการทั่วไปในการปฏิบัติงานบำรุงรักษาระบบไฟฟ้ามาเป็นข้อๆ

2.8 การตรวจสอบบำรุงรักษาลิฟต์ทุกระยะ 1 เดือนจะต้องมีข้อปฏิบัติอย่างไรบ้าง

2.9 วิธีป้องกันการเกิดปัญหาในระบบไฟฟ้าโรงงานมีอะไรบ้าง จงอธิบายมาเป็นข้อๆ

2.10 Phase Protection Relay คืออะไร มีวิธีการตรวจสอบบำรุงรักษาอย่างไร



การติดตั้งอุปกรณ์และประกอบตู้จ่ายไฟหลัก (MDB)

หัวข้อเรื่อง

ใบงานที่ 7.1 การต่อ Voltmeter ร่วมกับ Voltmeter Selector Switch

ใบงานที่ 7.2 การต่อ Ammeter ร่วมกับ Ammeter Selector Switch

ใบงานที่ 7.3 การทำงานร่วมกันของ MCCB, Under Voltage Release และ Phase Protector Relay

ใบงานที่ 7.4 การเปรียบเทียบการป้องกันของ Circuit Breaker แบบมีและไม่มี Coil Trip ในกรณีแรงดันไฟฟ้าต่ำกว่าปกติ

ใบงานที่ 7.5 การเปรียบเทียบการป้องกันของ Circuit Breaker แบบมีและไม่มี Coil Trip ในกรณีแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุล

ใบงานที่ 7.6 การเปรียบเทียบการป้องกันของ Circuit Breaker แบบมีและไม่มี Coil Trip ในกรณีแรงดันไฟฟ้าไม่ครบเฟส

ใบงานที่ 7.7 การเปรียบเทียบการป้องกันของ Circuit Breaker แบบมีและไม่มี Coil Trip ในกรณีแรงดันไฟฟ้าไม่เรียงลำดับเฟส

ใบงานที่ 7.8 การติดตั้ง Main Circuit Breaker, Bus bar และเดินสายเชื่อมต่อ

ใบงานที่ 7.9 การติดตั้งอุปกรณ์ เดินสายไฟฟ้า และประกอบตู้จ่ายไฟหลัก (MDB)

ใบงานที่ 7.10 การตรวจสอบค่าความต้านทานของตู้จ่ายไฟหลัก

สาระสำคัญ

เอกสารใบงานการทดลองในบทนี้ได้รวบรวมขึ้นเพื่อให้ผู้เรียนได้รับความรู้ ความเข้าใจในภาคปฏิบัติเกี่ยวกับการติดตั้งอุปกรณ์ภายในตู้จ่ายไฟหลัก หลังจากที่ผู้เรียนได้ศึกษาการคำนวณเพื่อหาขนาดของอุปกรณ์ภายในตู้จากเนื้อหาที่ผ่านมาแล้ว ในบทนี้จะกล่าวถึงการติดตั้งอุปกรณ์ เช่น บัสบาร์ เซอร์กิตเบรกเกอร์ โวลท์มิเตอร์ร่วมกับสวิตช์เลือก (Selector Volt Switch with Voltmeter) แอมป์มิเตอร์ (Selector Amp Switch with Ampmeter) อุปกรณ์ป้องกันระบบไฟฟ้า (Phase Protection Relay) หลอดสัญญาณบอกสถานะ (Pilot lamp) เป็นต้น รวมถึงการเดินสายเพื่อต่อวงจรภายตู้ และการประกอบตู้จ่ายไฟหลัก (MDB) ก่อนที่ผู้เรียนจะทำการศึกษาในบทนี้จะต้องทำการศึกษา และทำความเข้าใจในเนื้อหาของบทที่ 1 ถึงบทที่ 6 ที่ผ่านมาเป็นอย่างดีจึงจะทำให้การศึกษาในบทนี้มีประสิทธิภาพ ใบงานการทดลองจะเรียงลำดับให้ผู้เรียนได้ทำการศึกษาและทดลองปฏิบัติจากการติดตั้งอุปกรณ์ใบงานละตัวเรียงจากจนครบ และในใบงานสุดท้ายจะเป็นการติดตั้งอุปกรณ์และประกอบตู้จ่ายไฟหลัก (MDB) แบบสมบูรณ์

สมรรถนะประจำหน่วยการเรียนรู้

ติดตั้งอุปกรณ์ ต่อวงจรไฟฟ้าและประกอบตู้จ่ายไฟหลัก (MDB)

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. จุดประสงค์ทั่วไป

1.1 เพื่อให้มีความรู้เกี่ยวกับการต่อ Voltmeter ร่วมกับ Voltmeter Selector Switch

1.2 เพื่อให้มีความรู้เกี่ยวกับการต่อ Ammeter ร่วมกับ Ammeter Selector Switch

1.3 เพื่อให้มีความรู้เกี่ยวกับการทำงานร่วมกันของ MCCB, Under Voltage Release และ Phase Protector Relay

1.4 เพื่อให้มีความรู้เกี่ยวกับการเปรียบเทียบการป้องกันของ Circuit Breaker แบบมีและไม่มี Coil Trip ในกรณีแรงดันไฟฟ้าต่ำกว่าปกติ

1.5 เพื่อให้มีความรู้เกี่ยวกับการเปรียบเทียบการป้องกันของ Circuit Breaker แบบมีและไม่มี Coil Trip ในกรณีแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุล

1.6 เพื่อให้มีความรู้เกี่ยวกับการเปรียบเทียบการป้องกันของ Circuit Breaker แบบมีและไม่มี Coil Trip ในกรณีแรงดันไฟฟ้าไม่ครบเฟส

1.7 เพื่อให้มีความรู้เกี่ยวกับการเปรียบเทียบการป้องกันของ Circuit Breaker แบบมีและไม่มี Coil Trip ในกรณีแรงดันไฟฟ้าไม่เรียงลำดับเฟส

1.8 เพื่อให้มีความรู้เกี่ยวกับการตรวจสอบค่าความต้านทานของตู้จ่ายไฟหลัก

1.9 เพื่อให้มีความรู้เกี่ยวกับการติดตั้ง Main Circuit Breaker, Bus bar และเดินสายเชื่อมต่อ

1.10 เพื่อให้มีความรู้เกี่ยวกับการติดตั้งอุปกรณ์ภายในตู้จ่ายไฟหลัก เดินสายไฟฟ้า และประกอบตู้จ่ายไฟหลัก (MDB)

2. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

2.1 ติดตั้งและต่อวงจร Voltmeter ร่วมกับ Voltmeter Selector Switch

2.2 ติดตั้งและต่อวงจร Ammeter ร่วมกับ Ammeter Selector Switch

2.3 ทดสอบการทำงานร่วมกันของ MCCB, Under Voltage Release และ Phase Protector Relay

2.4 เปรียบเทียบการป้องกันของ Circuit Breaker แบบมีและไม่มี Coil Trip ในกรณีแรงดันไฟฟ้าต่ำกว่าปกติ

2.5 เปรียบเทียบการป้องกันของ Circuit Breaker แบบมีและไม่มี Coil Trip ในกรณีแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุล

2.6 เปรียบเทียบการป้องกันของ Circuit Breaker แบบมีและไม่มี Coil Trip ในกรณีแรงดันไฟฟ้าไม่ครบเฟส

2.7 เปรียบเทียบการป้องกันของ Circuit Breaker แบบมีและไม่มี Coil Trip ในกรณีแรงดันไฟฟ้าไม่เรียงลำดับเฟส

2.8 ตรวจสอบค่าความต้านทานของตู้จ่ายไฟหลัก

2.9 ติดตั้ง Main Circuit Breaker, Bus bar และเดินสายเชื่อมต่อ

2.10 ติดตั้งอุปกรณ์ภายในตู้ เดินสายไฟฟ้า และประกอบตู้จ่ายไฟหลัก (MDB)

ใบงานที่ 7.1

เรื่อง การต่อ Voltmeter ร่วมกับ Voltmeter Selector Switch

วิชา การติดตั้งไฟฟ้า 1 รหัสวิชา 3104-2001 **ระดับ** ปวส. แผนกช่างไฟฟ้ากำลัง

1. จุดประสงค์ทั่วไป

เพื่อให้มีความรู้เกี่ยวกับการต่อ Voltmeter ร่วมกับ Voltmeter Selector Switch

2. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. ใช้มัลติมิเตอร์ (Multimeter) วัดหาจุดต่อ (Terminal) ของ Voltmeter Selector Switch เพื่อหาจุดต่อที่ต่อร่วมกันหรือต่อถึงกันได้
2. เขียนวงจร Voltmeter ร่วมกับ Voltmeter Selector Switch โดยนำข้อมูลจากการวัดจุดต่อได้อย่างถูกต้อง
3. ต่อวงจร Voltmeter ร่วมกับ Voltmeter Selector Switch ได้อย่างถูกต้อง
4. อ่านค่าย่านวัดบน Scale ของ Voltmeter โดยการปรับ Voltmeter Selector Switch ได้อย่างถูกต้อง

3. เครื่องมือและอุปกรณ์

1. Main Distribution Board	จำนวน 1 ตู้
2. Multimeter	จำนวน 1 เครื่อง
3. Voltmeter	จำนวน 1 ตัว
4. Voltmeter Selector Switch	จำนวน 1 ตัว
5. ไขควงแฉก, ไขควงปากแบน	อย่างละ 1 ด้าม
6. คีมตัด, คีมย้ำหางปลา, คีมปากแหลม	อย่างละ 1 ตัว
7. เคเบิ้ลไทร์ (Cable Tie) 4 นิ้ว	จำนวน 15 เส้น
8. หางปลาใช้กับสายเบอร์ 1 ตร.มม.	จำนวน 12 ตัว
9. สายไฟฟ้าต่อวงจร	

4. ลำดับขั้นการปฏิบัติงาน

1. ศึกษาจุดประสงค์ทั่วไปและจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
2. ศึกษาทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับใบงานที่ 7.1
3. ใช้มัลติมิเตอร์วัดหาจุดต่อ (Terminal) จาก Voltmeter Selector Switch เพื่อหาจุดต่อที่ต่อร่วมกันหรือต่อถึงกัน โดยการปรับตำแหน่ง (Position) เช่น R-N, S-N, T-N เป็นต้น แล้วทำการวัดจุดต่อทีละตำแหน่ง นำผลที่ได้จากการวัดบันทึกลงในตารางที่ 7.1.1

4. นำข้อมูลจากการวัดจุดต่อในตารางที่ 7.1.1 เขียนวงจร Voltmeter ร่วมกับ Voltmeter Selector Switch
5. ต่อวงจร Voltmeter ร่วมกับ Voltmeter Selector Switch
6. อ่านค่าย่านวัดบน Scale ของ Voltmeter โดยการปรับ Voltmeter Selector Switch นำค่าที่ได้บันทึกลงในตารางที่ 7.1.2

5. ทฤษฎีพื้นฐาน

ตู้จ่ายไฟหลักหรือตู้สวิตช์บอร์ด (MDB : Main Distribution Board) ดังรูปที่ 7.1.1 เป็นแผงจ่ายไฟฟ้าขนาดใหญ่ นิยมใช้ในอาคารขนาดกลางจนถึงขนาดใหญ่ ไปจนถึงโรงงานอุตสาหกรรมที่มีการใช้ไฟฟ้าจำนวนมาก ตู้จ่ายไฟหลักจะรับระบบไฟฟ้ามาจากการไฟฟ้า หรือด้านแรงต่ำของหม้อแปลงจำหน่าย

รูปที่ 7.1.1 ตู้จ่ายไฟหลักหรือตู้สวิตช์บอร์ด (MDB : Main Distribution Board)[1]

จ่ายไปยังแผงจ่ายไฟฟ้าย่อยหรือแผงไฟฟ้าย่อยตามส่วนต่างๆ ของอาคาร แล้วจ่ายโหลดตามวงจรย่อยต่างๆ ตู้จ่ายไฟหลักส่วนมากจะมีขนาดใหญ่ จึงมักวางบนพื้นมีหลายแบบให้เลือกใช้ขึ้นอยู่กับบริษัทผู้ผลิต

รูปที่ 7.1.2 Voltmeter[2]

[1] สืบค้นเมื่อ 28/10/58 http://www.thaitechno.net/vip/product-detail.php?id=121606&uid=43649

[2] สืบค้นเมื่อ 28/10/58 http://thai.alibaba.com/product-gs/electric-ac-dc-analog-panel-meter-good-price-1912065250.html

ทั้งนี้ ควรพิจารณาจากระดับแรงดัน พิกัดกระแสและพิกัดกระแสลัดวงจรด้วย ถ้ามิได้กำหนดไว้อย่างอื่นให้แผงสวิตซ์ไฟฟ้าที่กล่าวถึงเป็นไปตามมาตรฐาน IEC 60439-1 รวมทั้งวัสดุอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องมีการออกแบบและคำนวณตามมาตรฐาน NEMA, ANSI, IEC, DIN, VDE Standard และจะต้องเป็นไปตามมาตรฐาน มอก. ที่ 1436-2540

ตู้จ่ายไฟหลักโดยทั่วไปจะรับระบบไฟฟ้าที่เป็นระบบ 3 เฟส 4 สาย 380/220 โวลต์ การตรวจสอบความปกติของระบบไฟฟ้าเพื่อให้เกิดความมั่นใจในการจ่ายระบบไฟฟ้าของตู้จ่ายไฟหลัก โดยการวัดแรงดันไฟฟ้าจะใช้ Voltmeter ดังรูปที่ 7.1.2 เพียงตัวเดียวโดยจะใช้ Voltmeter Selector Switch ดังรูปที่ 7.1.3 เข้ามาช่วยในการเลือกคู่สายที่จะทำการวัด เช่น R - N, S - N, T - N เป็นต้น Voltmeter จะมีพิกัดในการวัดแรงดันไฟฟ้าตั้งแต่ 0 – 500 โวลต์ มีขนาด 96 x 96 มม. ตู้จ่ายไฟหลักจะรับระบบไฟฟ้ามาจากหม้อแปลงไฟฟ้าที่มีระดับแรงดันไฟฟ้าสูงสุดทางด้าน Secondary อาจจะสูงถึง 400 หรือ 416 โวลต์เมื่อทำการวัดระหว่าง Line to Line ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอัตราส่วนของหม้อแปลงนั้นๆ

รูปที่ 7.1.3 ตัวอย่าง Voltmeter Selector Switch[3]

การต่อ Voltmeter ร่วมกับ Voltmeter Selector Switch อาจจะดูได้จาก Diagram การต่อวงจรที่มากับอุปกรณ์ หรืออาจจะเขียน Diagram การต่อวงจรจากการตรวจสอบจุดต่อหรือขั้วต่อสาย (Terminal) ภายในของ Voltmeter Selector Switch ที่ต่อถึงกัน

5.1 การวัดขั้วของ Voltmeter Selector Switch มีวิธีการดังต่อไปนี้

5.1.1 ตัว Voltmeter Selector Switch จะมีตำแหน่ง (Position) ในการวัดทั้งหมด 7 ตำแหน่ง คือ OFF, R - N, S - N, T - N, R - S, S - T และ T - R

5.1.2 จุดต่อหรือขั้วต่อสายทั้งหมด 12 จุด และในบางจุดจะมี Jumper ต่อเชื่อมกันอยู่ ในกรณีที่ต้องการตรวจสอบจุดต่อของ Contact ภายใน Voltmeter Selector Switch ให้ทำการถอด Jumper ออกให้หมดก่อนแล้วจึงทำการวัดโดยใช้มัลติมิเตอร์

5.1.3 หาก Voltmeter Selector Switch ต่อวงจรอยู่ภายในตู้จ่ายไฟหลักให้ทำการตัดกระแสไฟฟ้าที่จ่ายเข้าตู้จ่ายไฟหลักทั้งหมดก่อน แล้วทำการถอดสายวงจรออกทั้งหมดที่ต่ออยู่

---

[3] สืบค้นเมื่อ 28/10/58 http://www.ebay.ca/sch/sis.html?_nkw=Universal%203%20Phase%20Rotary%20Voltmeter%20Cam%20Selector%20Switch&_itemId=380530996797

5.1.4 ตรวจสอบดูที่จุดต่อหรือขั้วต่อสายว่ามีอักษรหรือตัวเลข (Code) กำกับอยู่ทุกจุดต่อหรือไม่ หากไม่มีให้ใช้กระดาษกาวติดไว้ข้างๆ แล้วเขียน Code กำกับ เช่น A, B, หรือ 1, 2 เป็นต้น โดยที่ Code จะต้องไม่ซ้ำกัน

5.1.5 ปรับ Voltmeter Selector Switch ไปทีละ Position ใช้มัลติมิเตอร์ทำการวัดจุดต่อหรือขั้วต่อสายที่ต่อถึงกันโดยให้ทำการวัดหรือตรวจสอบจุดต่อทุกตัวหรือให้ครบ 12 ตัว และบันทึกผลในตารางที่ 7.1.1

5.1.6 หลักการบันทึกผลในตารางที่ 7.1.1 ดังนี้ ขั้วที่ต่อถึงกันในแต่ละ Position ให้เขียนอยู่ในวงเล็บเดียวกันหรือแม้แต่จุดต่อที่ไม่ต่อถึงจุดต่อตัวใดเลยก็ให้ทำการเขียนให้อยู่ในวงเล็บด้วย เช่น (A) (B, C, D) เป็นต้น การเขียน Code ของจุดต่อในแต่ละตัวจะใช้สัญลักษณ์คอมม่า (Comma) เป็นตัวขั้น

5.1.7 ในแต่ละ Position จะต้องเขียน Code ของ Terminal ให้ครบทั้ง 12 ตัว

5.2 การเขียน Diagram ของ Voltmeter Selector Switch มีวิธีการดังต่อไปนี้

5.2.1 สัญลักษณ์วงกลมจะใช้แทน Terminal จะเขียนให้อยู่ในแนวตั้งสองฝั่งๆ ละ 6 วง ให้นำข้อมูลจากตารางที่ 7.1.1 มาเขียน Code ลงในวงกลมทั้ง 12 วง โดยพิจารณาตามหลักการในข้อที่ 5.2.2

5.2.2 หลักการพิจารณาข้อมูลจากตารางที่ 7.1.1 เพื่อเขียน Diagram ดังนี้

1) ให้เริ่มพิจารณาจาก Position “OFF” คือ จุดต่อหรือขั้วต่อสายกลุ่ม 3 ตัวให้จัดวางหรือเขียน Code ไว้ทางฝั่งขวามือ ซึ่งจะมีอยู่ 2 กลุ่ม

2) การใช้สัญลักษณ์เชื่อมต่อ Terminal ที่เป็นตัว Jumper หรือจุดต่อถาวรนั้น ให้เขียนอยู่ทางด้านนอกทั้งฝั่งซ้ายและฝั่งขวา

3) สัญลักษณ์การทำงานของ Contact ให้เขียนอยู่ในแนวระดับและอยู่ตรงกลางระหว่างจุดต่อหรือขั้วต่อสายทั้งสองฝั่งเท่านั้น ถ้าเขียนแล้วสัญลักษณ์ดังกล่าวอยู่ในแนวเอียงไปด้านใดด้านหนึ่ง ให้ทำการขยับ Terminal เพื่อให้ Contact อยู่ในแนวระดับ ซึ่ง Contact จะทำงาน Position ละ 2 ตัวทุก Position ยกเว้น Position “OFF”

4) Terminal จะต้องวางอยู่จุดเดิมทุก Position

5.3 การเขียน Diagram ของ Voltmeter ร่วมกับ Voltmeter Selector Switch ในขั้นนี้จะนำ Diagram จากข้อ 5.2 มาทำการเขียนรายละเอียดต่ออีกขั้นหนึ่ง มีวิธีการดังต่อไปนี้

5.3.1 ให้วางสายไฟฟ้าของระบบ 3 เฟส 4 สายไว้ทางด้านซ้ายมือโดยเรียงลำดับ R – s – T และ N จากซ้ายไปขวา และวาง Voltmeter ไว้ทางด้านซ้ายมือ

5.3.2 สัญลักษณ์การ Jump สายจะใช้วงกลมดำทึบ (●)

5.3.3 ให้สังเกตในแต่ละ Position ว่ามี Contact ตัวใดบ้างที่ทำงานซึ่งการทำงานดังกล่าวจะเป็นการแสดงให้เราทราบว่า จุดนั้นจะเป็นทางผ่านของแรงดันไฟฟ้าโดยจะไหลผ่าน Contact เข้าไปแสดงปริมาณแรงดันไฟฟ้าที่ตัว Voltmeter ให้ทำการต่อสายจากกลุ่มสายของระบบไฟฟ้าเข้าไปที่ Terminal ที่ตัว Contact ทำงาน

5.3.4 Voltmeter จะต่อสายเข้าไปที่กลุ่มของ Terminal ทั้งสองกลุ่มที่อยู่ทางฝั่งขวา

5.4 การเขียน Diagram รวมของ Voltmeter ร่วมกับ Voltmeter Selector Switch ในขั้นนี้จะนำ Diagram จากข้อ 5.3 มาทำการเขียนรายละเอียดต่ออีกขั้นหนึ่ง มีวิธีการดังต่อไปนี้

กลุ่มของ Diagram รวมตรงกลางจะเป็นการรวมทุก Position และจะใช้สัญลักษณ์การทำงานของ Contact เป็นวงกลมดำทึบ (●) สำหรับ Diagram ทั้งซ้ายและขวาจะยังคงมีลักษณะเดิม แตกต่างแค่เป็นการรวมการต่อสายจากระบบไฟฟ้า 3 เฟส 4 สายเท่านั้น

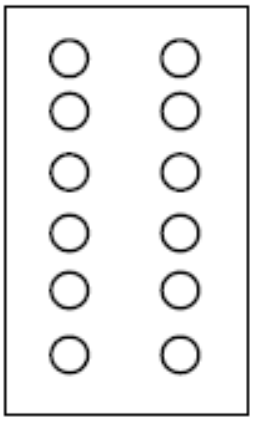
6. ขั้นปฏิบัติการทดลอง

6.1 ตารางที่ 7.1.1 บันทึกผลการวัดจุดต่อ (Terminal)

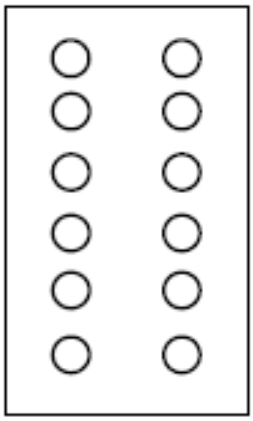
ตำแหน่ง (Position)	ขั้วที่ต่อถึงกัน (Terminal group)
OFF R – N S – N T – N R – S S – T T – R	

6.2 การเขียน Diagram ของ Voltmeter Selector Switch

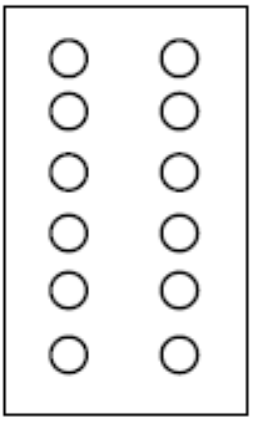
<u>OFF</u>



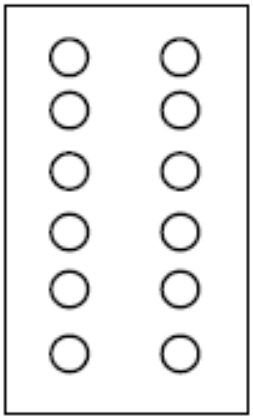
<u>R – N</u>



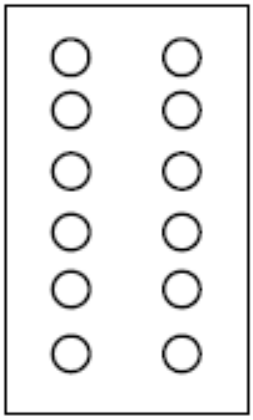
<u>S - N</u>



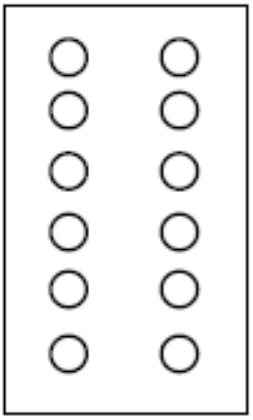
T – N



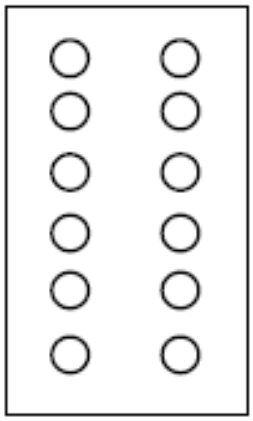
R – S



S - T

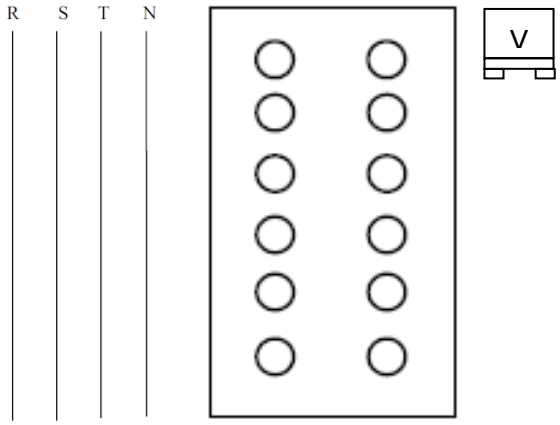


T – R

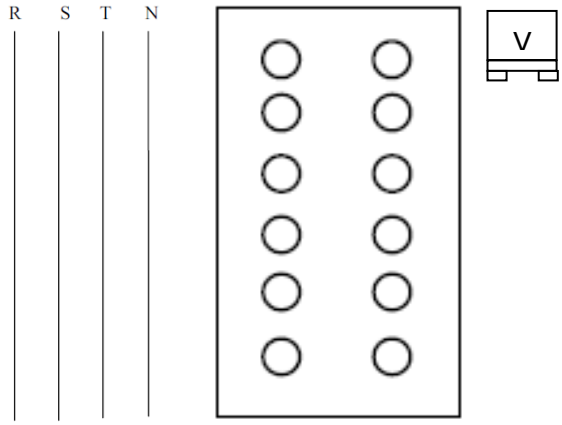


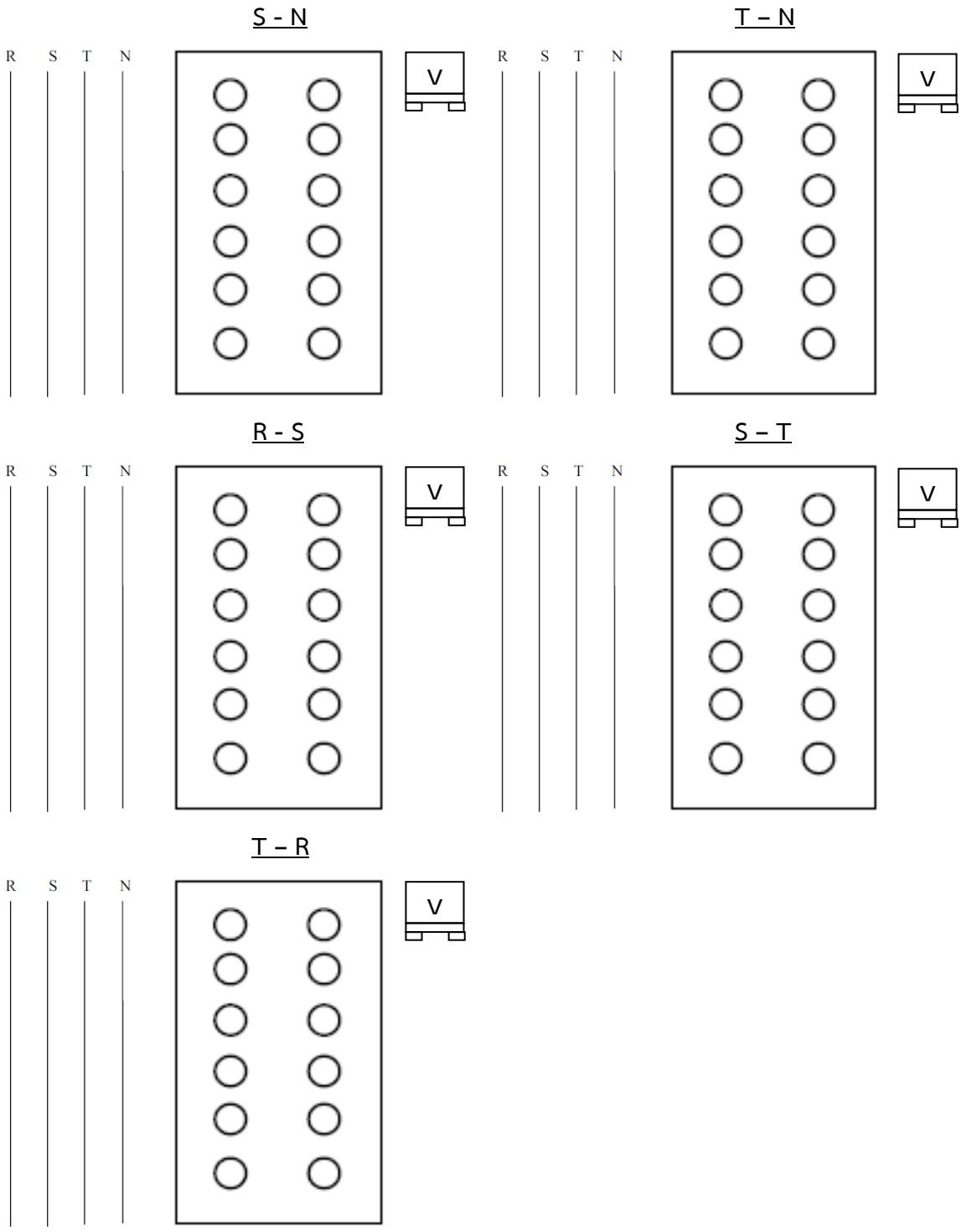
6.3 การเขียน Diagram ของ Voltmeter ร่วมกับ Voltmeter Selector Switch

OFF

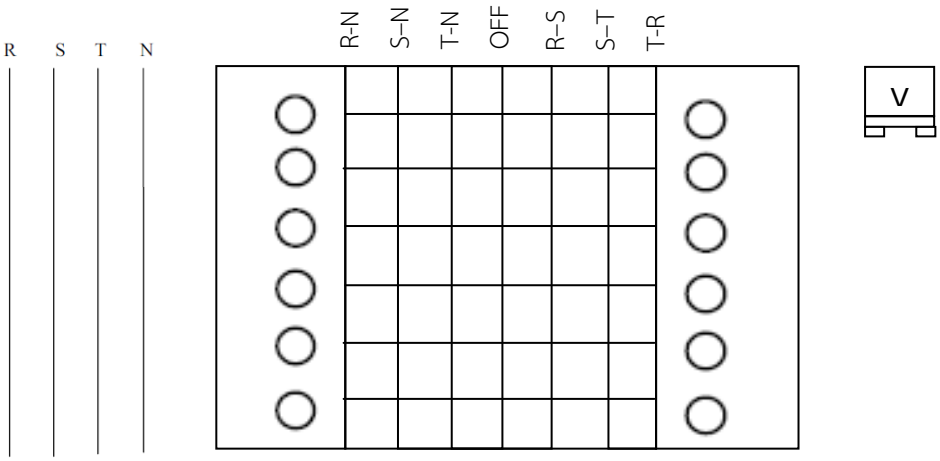


R – N




S - N
R S T N
V
T – N
R S T N
V
R - S
R S T N
V
S – T
R S T N
V
T – R
R S T N
V

6.4 การเขียน Diagram รวมของ Voltmeter ร่วมกับ Voltmeter Selector Switch



6.5 วัดแรงดันไฟฟ้าจากการปรับ Voltmeter Selector Switch ไปยัง Position ต่างๆ

ตารางที่ 7.1.2 บันทึกผลการวัดแรงดันไฟฟ้า

ตำแหน่ง (Position)	แรงดันไฟฟ้า (Volt)
OFF R – N S – N T – N R – S S – T T – R	

6.6 สรุปผลการปฏิบัติใบงานที่ 7.1

6.6.1 ความรู้ที่ได้จากการปฏิบัติ .....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

6.6.2 ปัญหาและการแก้ไข .....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ใบงานที่ 7.2

เรื่อง การต่อ Ammeter ร่วมกับ Ammeter Selector Switch

วิชา การติดตั้งไฟฟ้า 1 รหัสวิชา 3104-2001 **ระดับ** ปวส. แผนกช่างไฟฟ้ากำลัง

---

1. จุดประสงค์ทั่วไป

เพื่อให้มีความรู้เกี่ยวกับการต่อ Ammeter ร่วมกับ Ammeter Selector Switch

2. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. ใช้มัลติมิเตอร์ (Multimeter) วัดหาจุดต่อ (Terminal) ของ Ammeter Selector Switch เพื่อหาจุดต่อที่ต่อร่วมกันหรือต่อถึงกันได้
2. เขียนวงจร Ammeter ร่วมกับ Ammeter Selector Switch โดยนำข้อมูลจากการวัดจุดต่อได้อย่างถูกต้อง
3. ต่อวงจร Ammeter ร่วมกับ Ammeter Selector Switch ได้อย่างถูกต้อง
4. อ่านค่าย่านวัดบน Scale ของ Ammeter โดยการปรับ Ammeter Selector Switch ได้อย่างถูกต้อง

3. เครื่องมือและอุปกรณ์

1. Main Distribution Board	จำนวน 1 ตู้
2. Multimeter	จำนวน 1 เครื่อง
3. Panel Ammeter 0-50 A	จำนวน 1 ตัว
4. Ammeter Selector Switch	จำนวน 1 ตัว
5. Fuse 5 A	จำนวน 3 ตัว
6. Current Transformer 50/5 A	จำนวน 3 ตัว
7. ไขควงแฉก, ไขควงปากแบน	อย่างละ 1 ด้าม
8. คีมตัด, คีมย้ำหางปลา, คีมปากแหลม	อย่างละ 1 ตัว
9. เคเบิ้ลไทร์ (Cable Tie) 4 นิ้ว	จำนวน 15 เส้น
10. หางปลาใช้กับสายเบอร์ 1 ตร.มม.	จำนวน 12 ตัว
11. สายไฟฟ้าต่อวงจร	

4. ลำดับขั้นการปฏิบัติงาน

1. ศึกษาจุดประสงค์ทั่วไปและจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
2. ศึกษาทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับใบงานที่ 7.2

3. ใช้มัลติมิเตอร์วัดหาจุดต่อ (Terminal) จาก Ammeter Selector Switch เพื่อหาจุดต่อที่ต่อร่วมกันหรือต่อถึงกัน โดยการปรับตำแหน่ง (Position) เช่น 0, 1, 2, 3 เป็นต้น แล้วทำการวัดจุดต่อทีละตำแหน่ง นำผลที่ได้จากการวัดบันทึกลงในตารางที่ 7.2.1
4. นำข้อมูลจากการวัดจุดต่อในตารางที่ 7.2.1 เขียนวงจร Ammeter ร่วมกับ Ammeter Selector Switch
5. ต่อวงจร Ammeter ร่วมกับ Ammeter Selector Switch
6. อ่านค่าย่านวัดบน Scale ของ Ammeter โดยการปรับ Ammeter Selector Switch นำค่าที่ได้บันทึกลงในตารางที่ 7.2.2

5. ทฤษฎีพื้นฐาน

การจ่ายกระแสของตู้จ่ายไฟหลักหรือตู้สวิตช์บอร์ด (MDB : Main Distribution Board) จะมากหรือน้อยจะขึ้นอยู่กับปริมาณของกระแสที่โหลดต้องการ แต่ทั้งนี้จะต้องไม่เกินพิกัดกระแสของ Main Circuit Breaker การวัดปริมาณการไหลของกระแสไฟฟ้านั้นจะต้องใช้ตัว Ammeter ดังรูปที่ 7.2.1 ที่ใช้สำหรับติดตั้งภายในตู้จ่ายไฟหลักหรือที่มีชื่อเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า Panel Ammeter จะมีขนาดหน้าปัด

รูปที่ 7.2.1 Ammeter หรือ Panel Ammeter[1]

ของจอแสดงผลเท่ากับ 96 x 96 มม. การเลือกว่าจะทำการวัดกระแสไฟฟ้าของเฟสใดนั้นจะใช้ Ammeter Selector Switch ดังรูปที่ 7.2.2 เป็นสวิตช์สำหรับเลือก เช่น เลือกวัดที่เฟส R, S หรือ T การเลือกพิกัดกระแสของ Ammeter ขึ้นอยู่กับขนาดของ Main Circuit Breaker ปัจจัยสำหรับการพิจารณาเลือกพิกัดกระแสอีกประการหนึ่งก็คือ จะเลือกใช้ Ammeter ที่มีพิกัดกระแสตรงกับพิกัดของ CT (Current Transformer) ดังรูปที่ 7.2.3 ซึ่ง CT จะเป็นตัวที่แปลงกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านสายประธานหรือสายเมน (Main) ให้เหลือปริมาณน้อยลง ด้วยเหตุผลนี้เราจึงสามารถใช้สายไฟฟ้าที่มีขนาดเล็กเชื่อมวงจรระหว่าง CT กับ Ammeter ได้ สำหรับตำแหน่งติดตั้ง Ammeter นั้นจะอยู่ที่ฝาตู้จ่ายไฟหลัก แต่ตัว CT จะทำการติดตั้งอยู่ภายในตู้

5.1 การพิจารณาเลือกพิกัดของ CT มีวิธีการดังนี้ การเลือกพิกัดของ CT จะต้องพิจารณาจากอัตราส่วนของ CT ซึ่งที่ใช้กันทั่วไปจะแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ อัตราส่วน : 1 และอัตราส่วน : 5

[1] สืบค้นเมื่อ 28/10/58 http://thai.alibaba.com/product-gs/electric-ac-dc-analog-panel-meter-good-price-1912065250.html

รูปที่ 7.2.2 Ammeter Selector Switch[2]

ที่ใช้ติดตั้งในตู้จ่ายไฟหลักจะนิยมใช้แบบอัตราส่วน : 5 เช่น 50/5 A, 100/5 A, 200/5 A เป็นต้น ความหมายก็คือถ้าหากเราใช้ CT 50/5 A เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านสายประธาน 50 A จะมีกระแสไหลออกมาจาก CT ด้าน Secondary เพียงแค่ 5 A นั่นก็หมายความว่าถ้าอ่านกระแสจากแอมมิเตอร์ได้ 5 A แสดงว่ามีกระแสไฟฟ้าไหลจริง 50 A การ

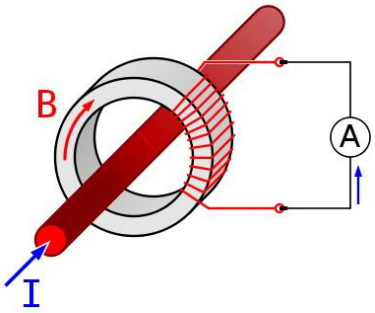
รูปที่ 7.2.3 Current Transformer[3]

เลือกอัตราส่วนของ CT จะพิจารณาตามขนาดของ Main Circuit Breaker โดยขนาดของ CT จะต้องมีขนาดไม่น้อยกว่าพิกัดกระแสของ Main Circuit Breaker ตัวอย่างเช่น ถ้าขนาดของ Main Circuit Breaker มีขนาด 100 A อัตราส่วนของ CT ที่เลือกใช้ก็ไม่ควรต่ำกว่า 100/5 A ถ้าหากระบบไฟฟ้าเป็น 3 เฟส 4 สาย ก็จะต้องใช้ CT ที่มีขนาดอัตราส่วนเท่ากันจำนวน 3 ตัว

5.2 หลักการทำงานและการต่อใช้งาน CT มีหลักการทำงาน ดังนี้ CT จะมีโครงสร้างภายในเป็นขดลวดขนาดเล็กพันรอบแกนเหล็ก เมื่อนำสายไฟฟ้าสอดผ่านในร่องของ CT เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านจะเกิดการ Induce Voltage และตกคร่อมขดลวด ดังรูปที่ 7.2.4 กระแสไฟฟ้า (I) ที่ไหลผ่านเข้าไปในร่องของ CT จะสร้างสนามแม่เหล็ก (B) ซึ่งสนามแม่เหล็กดังกล่าวจะไหลไปในทิศทางตามเข็มตัดกับขดลวดที่พันอยู่รอบๆ แกนเหล็กทำให้เกิดการเหนี่ยวนำมีกระแสไฟฟ้าไหลในขดลวด ถ้าหากมีปริมาณ

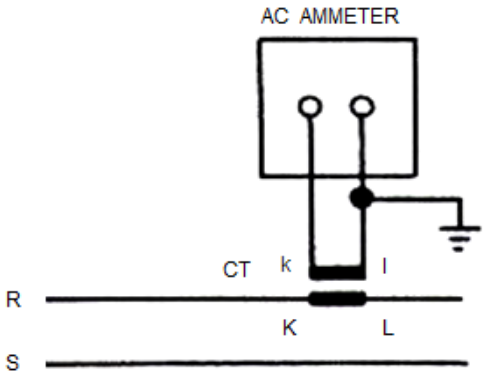
[2] สืบค้นเมื่อ 28/10/58 http://www.ebay.ca/sch/sis.html?_nkw=Universal%203%20Phase%20Rotary%20Voltmeter%20Cam%20Selector%20Switch&_itemId=380530996797

[3] สืบค้นเมื่อ 28/10/58 http://www.amazon.com/0-66KV-Ratio-Current-Transformer-BH-0-66CT/dp/B00BJJE41C



รูปที่ 7.2.4 หลักการทำงานของ CT[4]

กระแสไหลผ่าน CT ในปริมาณน้อยจนไม่สามารถอ่านค่าจาก Ammeter ได้อาจจะทำการพันเพิ่มจำนวนรอบของสายประธาน เพื่อให้สามารถอ่านค่ากระแสไฟฟ้าได้ ผู้ใช้งานจะต้องทำการตรวจสอบให้

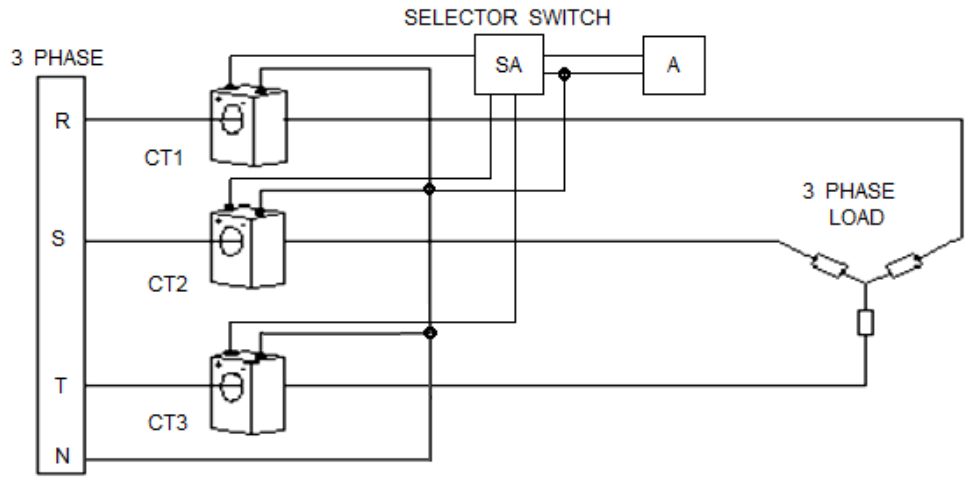


รูปที่ 7.2.5 ลักษณะการต่อขั้ว K กับ L ของ CT[5]

แน่ใจว่าปลายอีกด้านของ CT ได้ทำการต่อไปใช้งานหรือต่อเข้ากับ Ammeter แล้ว เนื่องจากว่าหากปล่อยให้ปลายทั้ง 2 ข้างของ CT ด้าน Secondary ไว้โดยที่ยังไม่ได้ต่อใช้งาน หรืออยู่ในภาวะ Open Circuit จะทำให้ ขดลวดของ CT ได้รับแรงดันสูงในที่สุดก็จะไหม้สร้างความเสียหายได้ ดังนั้นห้าม Open Circuit ด้าน Secondary ของ CT โดยเด็ดขาด หากไม่ได้ใช้งานให้ทำการต่อ Short Circuit ขั้วทั้งสองเอาไว้ ที่ตัวของ CT จะบอกทิศทางการไหลของกระแสเอาไว้โดยระบุเป็นขั้ว K กับขั้ว L ซึ่ง K จะเป็นขั้วทางด้านกระแสไฟฟ้าไหลเข้า และ L จะเป็นขั้วด้านกระแสไฟฟ้าไหลออกหรือด้านที่ต่อไปยัง Load ดังรูปที่ 7.2.5 ดังนั้นการสอดสายประธานผ่านร่องของตัว CT จึงจะต้องสอดตามทิศทางที่ผู้ผลิตกำหนดมา คือจะต้องสอดจาก K ไป L ข้อควรระวังอีกประการหนึ่งก็คือ หากติดตั้งไม่ถูกต้องก็อาจจะเกิดผลกระทบต่อเครื่องวัดบางชนิดได้ เมื่อสอดสายประธานผ่าน CT ทั้ง 3 ตัวแล้วจุด K จะกลายเป็นจุดร่วม (Common) ของ CT ดังรูปที่ 7.2.6 CT แต่ละตัวจะสามารถวัดกระแสได้เพียงเฟสเดียวด้วย

[4] สืบค้นเมื่อ 28/10/58 https://imtiney.files.wordpress.com/2012/05/ct.jpg

[5] สืบค้นเมื่อ 28/10/58 http://ienergyguru.com/2015/10/transformer/



รูปที่ 7.2.6 ลักษณะการต่อ CT เพื่อวัดกระแสไฟฟ้า 3 เฟส[6]

Ammeter เพียงหนึ่งตัว ดังนั้นจึงต้องใช้ Ammeter Selector Switch สำหรับเลือกเฟสที่ต้องการวัด

5.3 การวัดขั้วของ Ammeter Selector Switch มีวิธีการดังต่อไปนี้

5.3.1 ตัว Ammeter Selector Switch จะมีตำแหน่ง (Position) ในการวัดทั้งหมด 4 ตำแหน่ง คือ OFF, R, S และ T หรือ 0, 1, 2 และ 3 หรือแล้วแต่บริษัทผู้ผลิตจะใช้มาตรฐานใดในการใช้เป็นสัญลักษณ์ของตัว Ammeter Selector Switch

5.3.2 จุดต่อหรือขั้วต่อสายทั้งหมด 12 จุด และในบางจุดจะมี Jumper ต่อเชื่อมกันอยู่ ในกรณีที่ต้องการตรวจสอบจุดต่อของ Contact ภายใน Ammeter Selector Switch ให้ทำการถอด Jumper ออกให้หมดก่อนแล้วจึงทำการวัดโดยใช้มัลติมิเตอร์

5.3.3 หาก Ammeter Selector Switch ต่อวงจรอยู่ภายในตู้จ่ายไฟหลักให้ทำการตัดกระแสไฟฟ้าที่จ่ายเข้าตู้จ่ายไฟหลักทั้งหมดก่อน แล้วทำการถอดสายวงจรออกทั้งหมดที่ต่ออยู่

5.3.4 ตรวจสอบดูที่จุดต่อหรือขั้วต่อสายว่ามีอักษรหรือตัวเลข (Code) กำกับอยู่ทุกจุดต่อหรือไม่ หากไม่มีให้ใช้กระดาษกาวติดไว้ข้างๆ แล้วเขียน Code กำกับ เช่น A, B, หรือ 1, 2 เป็นต้น โดยที่ Code จะต้องไม่ซ้ำกัน

5.3.5 ปรับ Ammeter Selector Switch ไปทีละ Position ใช้มัลติมิเตอร์ทำการวัดจุดต่อหรือขั้วต่อสายที่ต่อถึงกันโดยให้ทำการวัดหรือตรวจสอบจุดต่อทุกตัวหรือให้ครบ 12 ตัว และบันทึกผลในตารางที่ 7.2.1

5.1.6 หลักการบันทึกผลในตารางที่ 7.2.1 ดังนี้ ขั้วที่ต่อถึงกันในแต่ละ Position ให้เขียนอยู่ในวงเล็บเดียวกันหรือแม้แต่จุดต่อที่ไม่ต่อถึงจุดต่อตัวใดเลยก็ให้ทำการเขียนให้อยู่ในวงเล็บด้วย เช่น (A) (B, C, D) เป็นต้น การเขียน Code ของจุดต่อในแต่ละตัวจะใช้สัญลักษณ์คอมม่า (Comma) เป็นตัวขั้น

5.1.7 ในแต่ละ Position จะต้องเขียน Code ของ Terminal ให้ครบทั้ง 12 ตัว

[6] สืบค้นเมื่อ 28/10/58 http://ienergyguru.com/2015/10/transformer/

5.4 การเขียน Diagram ของ Ammeter Selector Switch มีวิธีการดังต่อไปนี้

5.4.1 สัญลักษณ์วงกลมจะใช้แทน Terminal จะเขียนให้อยู่ในแนวตั้งสองฝั่งๆ ละ 6 วง ให้นำข้อมูลจากตารางที่ 7.2.1 มาเขียน Code ลงในวงกลมทั้ง 12 วง โดยพิจารณาตามหลักการในข้อที่ 5.4.2

5.4.2 หลักการพิจารณาข้อมูลจากตารางที่ 7.1 เพื่อเขียน Diagram ดังนี้

1) ให้เริ่มพิจารณาจาก Position “OFF” หรือ “0” คือ จะสังเกตว่ากลุ่มของ Terminal จะมีอยู่แค่ 2 กลุ่ม กลุ่มแรกจะมีอยู่ 9 ตัวส่วนกลุ่มที่สองจะมีอยู่ 3 ตัว จุดต่อหรือขั้วต่อสายกลุ่ม 3 ตัวให้จัดวางหรือเขียน Code ไว้ทางฝั่งขวามือ

2) การใช้สัญลักษณ์เชื่อมต่อ Terminal ที่เป็นตัว Jumper หรือจุดต่อถาวรนั้น ให้เขียนอยู่ทางด้านนอกทั้งฝั่งซ้ายและฝั่งขวา ฝั่งซ้ายจะมี Jumper ต่ออยู่ 3 ตัวแยกกัน นั่นก็หมายความจะมี Terminal ต่อกันทั้งหมด 3 คู่ สำหรับทางฝั่งขวาจะมีกลุ่มของ Terminal เพียงแค่ 2 กลุ่มๆ ละ 3 ตัว เราจะพบการจับกลุ่มของ Terminal หรือการทำงานของ Contact ก็ต่อเมื่อเราพิจารณาไปทีละ Position จนครบทุก Position

3) สัญลักษณ์การทำงานของ Contact ให้เขียนอยู่ในแนวระดับและอยู่ตรงกลางระหว่างจุดต่อหรือขั้วต่อสายทั้งสองฝั่งเท่านั้น ถ้าเขียนแล้วสัญลักษณ์ดังกล่าวอยู่ในแนวเอียงไปด้านใดด้านหนึ่ง ให้ทำการขยับ Terminal เพื่อให้ Contact อยู่ในแนวระดับ ซึ่ง Contact จะทำงาน Position ละ 3 ตัวทุก Position ทั้งนี้จะรวมทั้ง Position “OFF” ด้วย

4) Terminal จะต้องวางอยู่จุดเดิมทุก Position

5) ข้อสังเกตการต่อวงจรจากรูปที่ 7.2.6 จะพบว่าเมื่อสมมติให้วงจรเริ่มต้นจากสายนิวทรัล (N) และไหลเข้า CT ผ่าน Contact ของ Ammeter Selector Switch เข้าไปแสดงปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ตัว Ammeter จุดสุดท้ายวงจรก็จะต้องกลับไปจบที่สายนิวทรัล ทั้งหมดนี้จะเป็นข้อสังเกตให้สามารถตรวจสอบวงจรหลังจากการเขียน Diagram หรือตรวจสอบวงจรจากการต่อวงจรใช้งานจริง

5.5 การเขียน Diagram ของ Ammeter ร่วมกับ Ammeter Selector Switch ในขั้นนี้จะนำ Diagram จากข้อ 5.4 มาทำการเขียนรายละเอียดต่ออีกขั้นหนึ่ง มีวิธีการดังต่อไปนี้

5.5.1 ให้วางสายไฟฟ้าของระบบ 3 เฟส 4 สายไว้ทางด้านซ้ายมือโดยเรียงลำดับ R – s – T และ N จากซ้ายไปขวา และวาง Ammeter ไว้ทางด้านซ้ายมือ

5.5.2 สัญลักษณ์การ Jump สายจะใช้วงกลมดำทึบ (●)

5.5.3 ให้สังเกตในแต่ละ Position ว่ามี Contact ตัวใดบ้างที่ทำงานเลื่อนออกจากกลุ่มไป ซึ่งการทำงานดังกล่าวจะเป็นการแสดงให้เราทราบว่า จุดนั้นจะเป็นทางผ่านของกระแสไฟฟ้าโดยจะไหลผ่าน Contact เข้าไปแสดงปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ตัว Ammeter ให้ทำการต่อสายจากกลุ่มสายของระบบไฟฟ้าเข้าไปที่ Terminal ที่ตัว Contact ทำงานดังกล่าว

5.5.4 Ammeter จะต่อสายเข้าไปที่กลุ่มของ Terminal ทั้งสองกลุ่มที่อยู่ทางฝั่งขวา

5.6 การเขียน Diagram รวมของ Ammeter ร่วมกับ Ammeter Selector Switch ในขั้นนี้จะนำ Diagram จากข้อ 5.5 มาทำการเขียนรายละเอียดต่ออีกขั้นหนึ่ง มีวิธีการดังต่อไปนี้

กลุ่มของ Diagram รวมตรงกลางจะเป็นการรวมทุก Position และจะใช้สัญลักษณ์การทำงานของ Contact เป็นวงกลมดำทึบ (●) สำหรับ Diagram ทั้งซ้ายและขวาจะยังคงมีลักษณะเดิม แตกต่างแค่เป็นการรวมการต่อสายจากระบบไฟฟ้า 3 เฟส 4 สายเท่านั้น

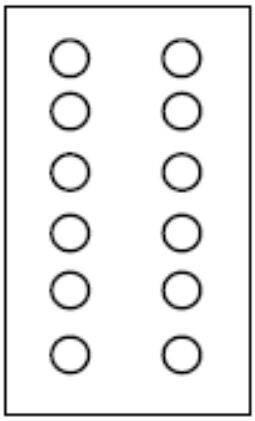
6. ขั้นปฏิบัติการทดลอง

6.1 ตารางที่ 7.2.1 บันทึกผลการวัดจุดต่อ (Terminal)

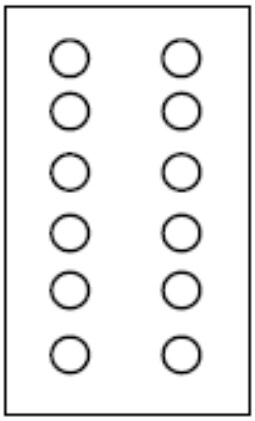
ตำแหน่ง (Position)	ขั้วที่ต่อถึงกัน (Terminal group)
OFF R S T	

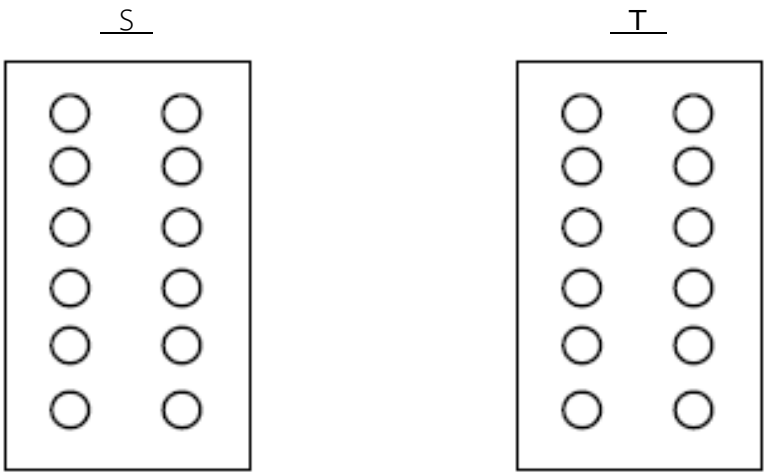
6.2 การเขียน Diagram ของ Ammeter Selector Switch

OFF

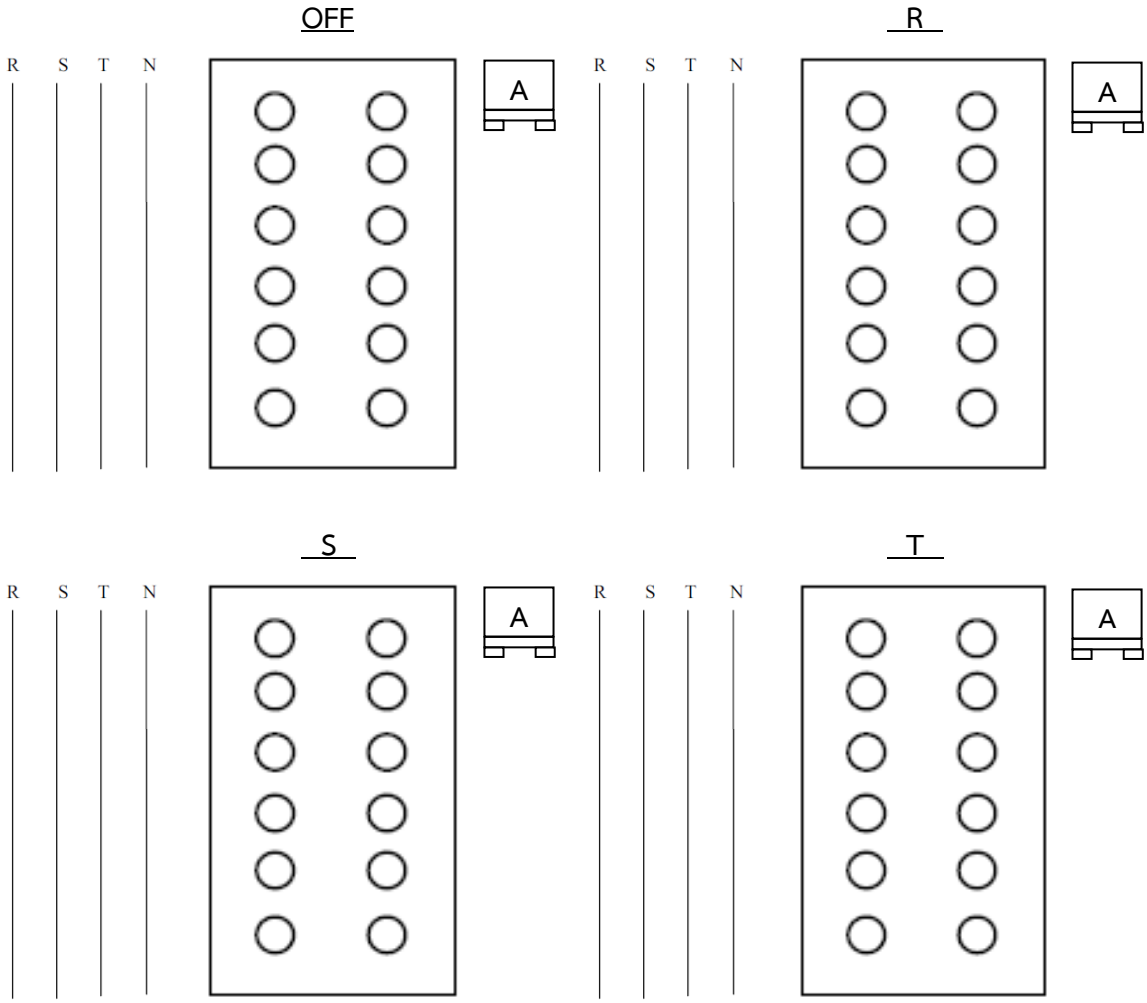


R

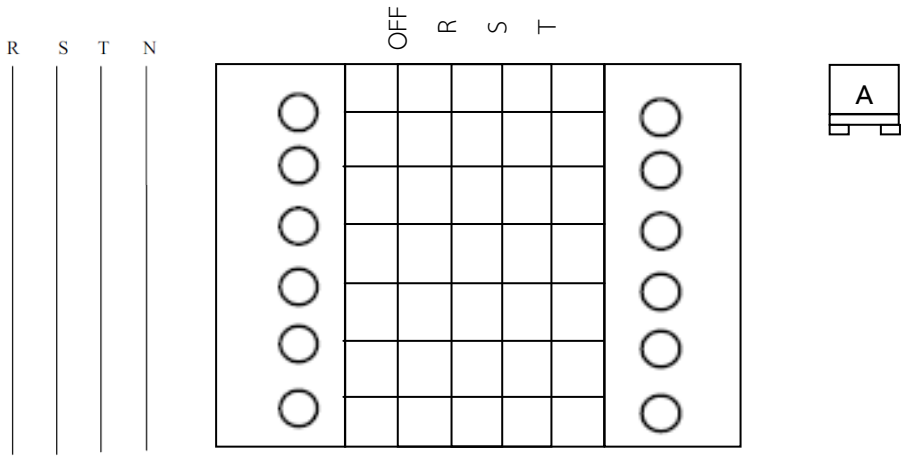




6.3 การเขียน Diagram ของ Ammeter ร่วมกับ Ammeter Selector Switch



6.4 การเขียน Diagram รวมของ Ammeter ร่วมกับ Ammeter Selector Switch



6.5 วัดกระแสไฟฟ้าจากการปรับ Ammeter Selector Switch ไปยัง Position ต่างๆ

ตารางที่ 7.2.2 บันทึกผลการวัดแรงดันไฟฟ้า

ตำแหน่ง (Position)	กระแสไฟฟ้า (Ampere)
OFF R S T	

6.6 สรุปผลการปฏิบัติใบงานที่ 7.2

6.6.1 ความรู้ที่ได้จากการปฏิบัติ .....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

6.6.2 ปัญหาและการแก้ไข .....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ใบงานที่ 7.3

เรื่อง การทำงานร่วมกันของ MCCB, Under Voltage Release และ Phase Protector Relay

วิชา การติดตั้งไฟฟ้า 1 รหัสวิชา 3104-2001 **ระดับ** ปวส. แผนกช่างไฟฟ้ากำลัง

---

1. จุดประสงค์ทั่วไป

เพื่อให้มีความรู้เกี่ยวกับการทำงานร่วมกันของ MCCB, Under Voltage Release และ Phase Protector Relay

2. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. ใช้มัลติมิเตอร์ (Multimeter) วัดตรวจสอบสภาพของ Under Voltage Trip หรือ Coil Trip และวัดตรวจสภาพจุดต่อ (Terminal) ของ Phase Protector Relay ได้
2. บอกความหมายของสัญลักษณ์ทุกตัวที่ใช้สำหรับการจับผิดความผิดปกติในระบบไฟฟ้าได้อย่างถูกต้อง
3. เขียน Diagram การต่อวงจรของ MCCB แบบมี Under Voltage Release หรือ Coil Trip ร่วมกับ Phase Protector Relay ได้อย่างถูกต้อง
4. ต่อวงจร MCCB แบบมี Under Voltage Release หรือ Coil Trip ร่วมกับ Phase Protector Relay ได้อย่างถูกต้อง

3. เครื่องมือและอุปกรณ์

1.	Main Distribution Board	จำนวน 1 ตู้
2.	Multimeter	จำนวน 1 เครื่อง
3.	Phase Protector Relay	จำนวน 1 ตัว
4.	Circuit Breaker แบบมี Under Voltage Trip	จำนวน 1 ตัว
5.	Circuit Breaker แบบไม่มี Under Voltage Trip	จำนวน 1 ตัว
6.	คีมตัด, คีมย้ำหางปลา, คีมปากแหลม	อย่างละ 1 ตัว
7.	เคเบิ้ลไทร์ (Cable Tie) 4 นิ้ว	จำนวน 10 เส้น
8.	หางปลาใช้กับสายเบอร์ 1 ตร.มม.	จำนวน 12 ตัว
9.	ไขควงแฉก, ไขควงปากแบน	อย่างละ 1 ด้าม
10.	สายไฟฟ้าต่อวงจร	

4. ลำดับขั้นการปฏิบัติงาน

1. ศึกษาจุดประสงค์ทั่วไปและจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
2. ศึกษาทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับใบงานที่ 7.3

3. ศึกษารายละเอียดของ Phase Protector Relay (รุ่นที่ใช้ในการทดลอง) เช่น การต่อวงจร ความสัมพันธ์ของสภาวะหน้าสัมผัส (Contact) ภายในกับหมายเลขขั้วต่อสาย (Terminal) เป็นต้น
4. ใช้มัลติมิเตอร์ (Multimeter) วัดตรวจสอบสภาพของ Under Voltage Trip หรือ Coil Trip และวัดตรวจสภาพจุดต่อ (Terminal) ของ Phase Protector Relay
5. ระบุความหมายของสัญลักษณ์ทุกตัวที่ใช้สำหรับการจับผิดความผิดปกติในระบบไฟฟ้า
6. เขียน Diagram การต่อวงจรของ MCCB แบบมี Under Voltage Release หรือ Coil Trip ร่วมกับ Phase Protector Relay
7. ต่อวงจร MCCB แบบมี Under Voltage Release หรือ Coil Trip ร่วมกับ Phase Protector Relay
8. อาจารย์ผู้สอนตรวจสอบความถูกต้องของวงจร ต่อระบบไฟฟ้าเข้าตู้จ่ายไฟหลัก
9. บันทึกผลที่เกิดขึ้นเมื่อจ่ายระบบไฟฟ้าเข้าตู้จ่ายไฟหลัก

5. ทฤษฎีพื้นฐาน

ตู้จ่ายไฟหลักจะมีเซอร์กิตเบรกเกอร์ประธาน (Main Circuit Breaker) เป็นเซอร์กติเบรกเกอร์หลักของตู้นั้นๆ ภายในตู้จะมีการต่อเครื่องวัด หรืออุปกรณ์ Metering อุปกรณ์ป้องกันระบบ (Phase Protection Relay) ต่อใช้งานร่วมกับอุปกรณ์ประกอบที่ตัวเซอร์กติเบรกเกอร์ อุปกรณ์ประกอบต่างๆ จะทำหน้าที่ในการเพิ่มความสามารถให้กับเซอร์กติเบรกเกอร์ เนื่องจากเซอร์กติเบรกเกอร์มีหน้าที่ตัดวงจรเมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลเกินพิกัดหรือเกิดการลัดวงจรไฟฟ้า ซึ่งเซอร์กติเบรกเกอร์บางรุ่นสามารถขยายขีดความสามารถโดยการเพิ่มอุปกรณ์ประกอบหรืออุปกรณ์ช่วยลงไปในตัวได้ มีดังนี้

5.1 Molded Case Circuit Breaker (MCCB) ดังรูปที่ 7.3.1 เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีความสำคัญมากพอสมควร ซึ่งถือว่าเป็นส่วนควบคุมการจ่ายกระแสไฟฟ้าและป้องกันระบบไฟฟ้า เป็น

รูปที่ 7.3.1 Molded Case Circuit Breaker (MCCB)[1]

[1] สืบค้นเมื่อ 29/10/58 http://www.tdlengineering.com/index.php?lay=show&ac=article&Id=539625775&Ntype=17

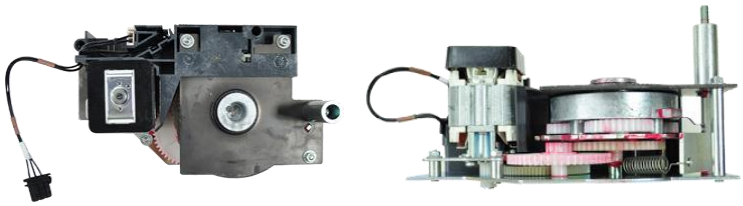
อุปกรณ์ที่ทำงาน เปิดและปิดวงจรไฟฟ้า แบบไม่อัตโนมัติแต่สามารถเปิดวงจรได้อัตโนมัติถ้าหากมีกระแสไหลผ่านเกินกว่าค่าที่กำหนดเซอร์กิตเบรกเกอร์ก็จะทำงานทันที ก่อนที่ความเสียหายจะเกิดขึ้นกับระบบไฟฟ้า เซอร์กิตเบรกเกอร์แรงดันต่ำ หมายถึง เซอร์กิตเบรกเกอร์ที่ใช้กับแรงดันไม่เกิน 1000 โวลต์ ได้แก่ Molded case circuit breaker หรือ MCCB, AIR circuit breaker หรือ ACB และ Miniature circuit breaker

การ ON และ OFF สั่งงานได้จากตัว Circuit Breaker เอง คือ ตัวของ Circuit Breaker นั้นจะมีก้านโยกเพื่อสั่งงานอยู่ 3 ระดับ คือ ON, OFF และ Trip การ ON และ OFF สามารถจะทำการโยกไปที่ตำแหน่งนั้นได้เลย แต่ถ้าหาก Citcuit Breaker เกิดการ Trip เมื่อต้องการ ON จะต้องโยกก้านไปที่ตำแหน่ง OFF ก่อนแล้วจึงโยกมาสั่ง ON

5.2 Shunt release หรือ Shunt Trip ดังรูปที่ 7.3.2 จะทำการตรวจสอบสัญญาณ Trip จากหม้อแปลงไฟฟ้า การทำงานตาม Wiring Diagram คือ เมื่อมีสัญญาณทริป (TR.Trip) จากหม้อแปลงเข้ามาสั่ง Shunt Trip ทำให้ Circuit Breaker “Trip” ไม่สามารถ ON Circuit Breaker ได้ จนกว่าจะเคลียร์สัญญาณ Trip จากหม้อแปลงจึงจะสามารถ ON Circuit Breaker ได้

รูปที่ 7.3.2 Shunt Trip และการติดตั้งกับ Circuit Breaker[2]

5.3 Motor Mechanism หรือ Motor Drive ดังรูปที่ 7.3.3 เป็นตัวชาร์จสปริง (Charge Spring) เพื่อใช้ในการ ON Circuit Breaker โดยไม่ต้องทำการชาร์จสปริงด้วยก้านโยก ซึ่งจะเป็นการชาร์จด้วยกลไกมอเตอร์แทนการใช้มือ



รูปที่ 7.3.3 spring charging motor for Master pact NW air circuit breakers[3]

[2] สืบค้นเมื่อ 29/10/58 http://www.alibaba.com/product-detail/MX-shunt-release-for-dz47-63_60079990622.html

[3] สืบค้นเมื่อ 29/10/58 http://www.masterpactcenterofexcellence.co.uk/nw-spring-charging-motor/

5.4 Under Voltage release หรือ Coil Under Volt หรือ Under Voltage Trip ดังรูปที่ 7.4.4 เป็นอุปกรณ์ประกอบเสริม สำหรับช่วยในการปลดวงจรของเซอร์กิตเบรกเกอร์ ซึ่งโดยปกติจะสั่งให้เซอร์กิตเบรกเกอร์ปลดวงจรได้ก็ต่อเมื่อแรงดันไฟฟ้าอยู่ในระดับในช่วง 35% - 70% ของพิกัดแรงดันไฟฟ้าปกติ หากค่าแรงดันไฟฟ้ามีค่าต่ำกว่าค่าดังกล่าวนี้ จะไม่มีแรงดันไฟฟ้ามากพอไปสร้างสนามแม่เหล็กไฟฟ้าภายในตัว Under Voltage Coil จึงส่งผลทำให้เซอร์กิตเบรกเกอร์ปลดวงจร และจะไม่สามารถที่จะสับเซอร์กิตเบรกเกอร์ประธาน เช่น MCCB, ACB เป็นต้น เข้าไปได้จนกว่าค่าแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมจะมีค่าเพิ่มขึ้นจนถึงค่า Pickup Voltage หรือถึงค่าแรงดันไฟฟ้าเริ่มตอบสนองของ Coil Under Voltage ซึ่งปกติจะอยู่ที่ประมาณ 85% จึงจะทำให้เซอร์กิตเบรกเกอร์สามารถปิดวงจร (Close Circuit) จ่ายไฟให้กับระบบไฟฟ้าได้

รูปที่ 7.3.4 Under Voltage release[4]

การทำงาน คือ หากไม่มีไฟมาจ่ายที่ Coil Under Volt จะไม่สามารถ ON Circuit Breaker ได้ และเมื่อขณะ ON Circuit Breaker แล้วไฟที่ไปเลี้ยง Coil Under Volt ขาดหายไปจะทำให้สั่ง Circuit Breaker Trip (หากใช้งานร่วมกับ Time Delay จะมีเวลาในการหน่วงก่อน Trip ประมาณ 3 วินาที)

5.5 Auxiliary Contact หรือ Contact ช่วย ดังรูปที่ 7.3.5 จะทำงานเมื่อ Main Contact ทำงาน ในการทำงานจะต้องอาศัย Auxiliary Contact จากอุปกรณ์ภายนอก เช่น TR.Trip, Phase Protection Relay, Emergency Switch มาต่ออนุกรมกับกับชุด Coil ของ Under Voltage

รูปที่ 7.3.5 Auxiliary Contact[5]

Release ซึ่งหมายความว่าในขณะที่แรงดันไฟฟ้าอยู่ในระดับปกติจะต้องมีแรงดันไฟฟ้าจ่ายให้กับชุด Under Voltage Release หรือ Under Voltage Coil อยู่ตลอดเวลา แต่เมื่อเกิดแรงดันไฟฟ้าต่ำ

[4,5] สืบค้นเมื่อ 29/10/58 http://www.nkw.ac.th/courseware/www.nectec.or.th/courseware/electrical/circuits/0001.html

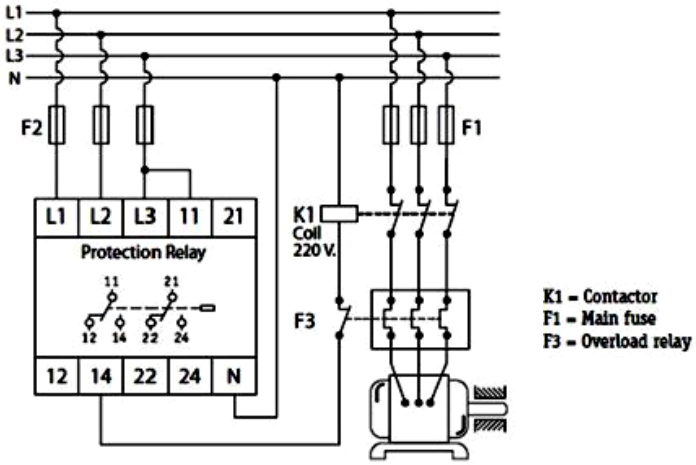
(Under Voltage) กว่าค่าที่กำหนด ขั้วของ Auxiliary Contact จะเปลี่ยนสถานะจาก NC เป็น NO ซึ่งเป็นผลทำให้ชุด Under Voltage Release ไม่มีแรงดันไฟฟ้ามาจ่ายให้ Under Voltage Coil สร้างสนามแม่เหล็กไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นเพื่อผลักดันให้ระบบกลไกภายใน (Mechanism) ของเซอร์กิตเบรกเกอร์ปลดวงจรออกทันที และจะไม่สามารถทำการสั่งสับเซอร์กิตเบรกเกอร์ได้แต่อย่างไรในกรณีที่แรงดันไฟฟ้าไม่เป็นไปตามที่กำหนด

กรณีที่ใช้ Under Voltage release หรือ Under Voltage Trip ติดตั้งกับ Circuit Breaker จะต้องเลือกรุ่นที่สามารถติดตั้งเข้าด้วยกันได้ อาจจะดูข้อมูลของอุปกรณ์จาก Catalog นั้นๆ การจะเลือกตัวใดนั้นจะขึ้นอยู่กับความต้องการการป้องกันและลักษณะของโหลดเป็นสำคัญ Under Voltage Trip จะมีพิกัดหลายระดับ เช่น 100 V, 220 V และ 380 V เป็นต้น การติดตั้งเฉพาะ

รูปที่ 7.3.6 Digital Phase Protection Relay[6]

Under Voltage Trip อาจจะมีระดับการป้องได้ไม่ครอบคลุม ดังนั้นจึงนิยมติดตั้งอุปกรณ์เสริมที่สามารถทำการตรวจสอบความผิดปกติของระบบไฟฟ้าได้มากขึ้นมี Function ที่หลากหลาย นั่นคือ Phase Protection Relay ดังรูปที่ 7.3.6 ที่มีความสามารถที่แตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับรุ่น ยี่ห้อ หรือบริษัทที่ทำการผลิต การทำงานของ Phase Protection Relay จะทำงานร่วมกับ Under Voltage Trip โดยทำการตรวจสอบความผิดปกติของระบบไฟฟ้าที่จ่ายมายังตู้จ่ายไฟหลัก เช่น แรงดันเกิน (Over Voltage), แรงดันตก (Under Voltage), แรงดันไม่สมดุล (Unbalance Voltage)} แรงดันกลับเฟส (Phase Reverse) เป็นต้น แล้วควบคุมการจ่ายระบบไฟฟ้าไปยัง Under Voltage Trip โดยผ่าน Contact (NO/NC) ภายในของ Phase Protection Relay

[6] สืบค้นเมื่อ 29/10/58 http://www.s2kenterprise.com/W-OP4.htm



รูปที่ 7.3.7 Wiring Diagram[7]

วงจรการต่อใช้งาน Phase Protection Relay ดังรูปที่ 7.3.7 จากรูปจะเป็นตัวอย่างการต่อใช้งานเพื่อควบคุมความผิดปกติของระบบไฟฟ้าให้กับมอเตอร์แบบ 3 เฟส ซึ่ง Phase Protection Relay มีชุด Auxiliary Contact ให้เลือกใช้ 2 ชุด ถ้าหากว่าระบบไฟฟ้าเกิดความผิดปกติอย่างใดอย่างหนึ่ง Phase Protection Relay ก็จะทำงาน Auxiliary Contact เปลี่ยนสภาวะทำให้มีแรงดันไฟฟ้าไปตกคร่อมที่ Coil ของ Magnetic Contactor หรือ K1 โดยผ่านทาง Auxiliary Contact หมายเลข 11 และ 14 ทำให้ K1 ทำงาน ตัดกระแสไฟฟ้า (Open Circuit) ที่จ่ายให้กับโหลดทันที

6. ขั้นปฏิบัติการทดลอง

6.1 ข้อมูลเกี่ยวกับอุปกรณ์

6.1.1 Phase Protection Relay

1) ยี่ห้อ.....

2) รุ่น .....

3) ใช้มัลติมิเตอร์วัดค่าความต้านทาน Contact ของ Phase Protection Relay แล้วบันทึกผลในตารางที่ 7.3.1

ตารางที่ 7.3.1 บันทึกผลการวัดค่าความต้านทาน Contact ของ Phase Protection Relay

ขั้วต่อของ Contact	ผลการวัดค่าความต้านทาน
11 -12	
11 -14	
21 – 22	
21 – 24	

[7] สืบค้นเมื่อ 29/10/58 http://www.wipelectric.com/product_desc.php?id_code=20

3) Phase Protection Relay สามารถตรวจจับความผิดปกติของระบบไฟฟ้าชนิดใดได้บ้าง ให้เขียน ตัวย่อ ตัวเต็ม และอธิบายความหมาย

3.1 .....

3.2 .....

3.3 .....

3.4 .....

3.5 .....

6.1.2 Molded case circuit breaker

1) ยี่ห้อ.....

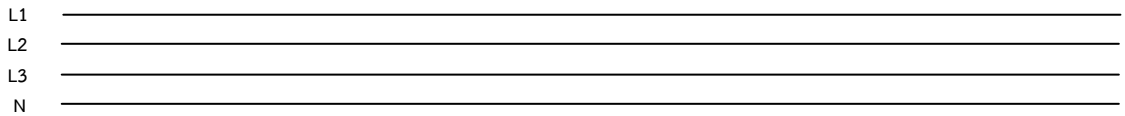
2) รุ่น .....

3) ..... Phase, ... AT, ... AF, IC>= ..... kA

3) ใช้มัลติมิเตอร์วัดค่าความต้านทาน Coil Trip ของ Circuit Breaker ได้ค่าความต้านทาน = ... Ω

4) Under Voltage Trip ใช้แรงดัน = ... Volt

6.2 Diagram การต่อวงจรใช้งาน เขียน Diagram การต่อวงจรของ Circuit Breaker แบบมี Coil Trip ร่วมกับ Phase Protection Relay



6.3 การปรับตั้งค่าต่างๆ ของ Phase Protection Relay นำ Diagram จากข้อ 6.2 มาต่อวงจรในตู้จ่ายไฟหลัก เมื่อผ่านการตรวจสอบจากอาจารย์ผู้สอนแล้วให้จ่ายระบบไฟฟ้าเข้าตู้ หลังจากนั้นทำการปรับตั้งค่าต่างๆ ตามตารางแล้วบันทึกผลในตารางที่ 7.3.2

ตารางที่ 7.3.2 บันทึกผลการปรับค่าต่างๆ ของ Phase Protection Relay

ตำแหน่งปรับตั้ง	ค่าปรับตั้ง	ผลที่เกิดขึ้น
% UB	0 5 10 15	
% UV	0 5 10 15 20	

6.4 สรุปผลการปฏิบัติใบงานที่ 7.3

6.4.1 ผลที่เกิดขึ้นเมื่อจ่ายระบบไฟฟ้าเข้าตู้จ่ายไฟหลัก .....

.....

.....

.....

.....

.....

6.4.2 ความรู้ที่ได้จากการปฏิบัติ .....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

6.4.3 ปัญหาและการแก้ไข .....

.....

.....

.....

ใบงานที่ 7.4

เรื่อง การเปรียบเทียบการป้องกันของ Circuit Breaker แบบมีและไม่มี Coil Trip ในกรณีแรงดันไฟฟ้าต่ำกว่าปกติ

วิชา การติดตั้งไฟฟ้า 1 รหัสวิชา 3104-2001 **ระดับ** ปวส. แผนกช่างไฟฟ้ากำลัง

1. จุดประสงค์ทั่วไป

เพื่อให้มีความรู้เกี่ยวกับการเปรียบเทียบการป้องกันของ Circuit Breaker แบบมีและไม่มี Coil Trip ในกรณีแรงดันไฟฟ้าต่ำกว่าปกติ

2. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. อธิบายข้อแตกต่างระหว่าง Circuit Breaker แบบมีและไม่มี Coil Trip ได้
2. เขียน Diagram การต่อวงจรของ Circuit Breaker แบบมี Coil Trip ร่วมกับ Phase Protection Relay กรณีแรงดันไฟฟ้าต่ำกว่าปกติได้อย่างถูกต้อง
3. ต่อวงจร Circuit Breaker แบบมี Coil Trip ร่วมกับ Phase Protection Relay กรณีแรงดันไฟฟ้าต่ำกว่าปกติได้อย่างถูกต้อง
4. เลือกใช้อุปกรณ์ป้องกันระบบไฟฟ้าในกรณีที่แรงดันไฟฟ้าต่ำกว่าปกติได้

3. เครื่องมือและอุปกรณ์

1. Main Distribution Board	จำนวน 1 ตู้
2. Multimeter	จำนวน 1 เครื่อง
3. Fuse 5 A	จำนวน 3 ตัว
4. Pilot Lamp 220/6.3 V	จำนวน 3 ตัว
5. Phase Protector Relay	จำนวน 1 ตัว
6. Circuit Breaker แบบมี Coil Trip	จำนวน 1 ตัว
7. Circuit Breaker แบบไม่มี Coil Trip	จำนวน 1 ตัว
8. Panel Voltmeter 0-500 V	จำนวน 1 ตัว
9. Voltmeter Selector Switch	จำนวน 1 ตัว
10. 3 Phase Voltage Regulator	จำนวน 1 ตัว
11. คีมตัด, คีมย้ำหางปลา, คีมปากแหลม	อย่างละ 1 ตัว
12. เคเบิ้ลไทร์ (Cable Tie) 4 นิ้ว	จำนวน 20 เส้น
13. หางปลาใช้กับสายเบอร์ 1 ตร.มม.	จำนวน 24 ตัว
14. ไขควงแฉก, ไขควงปากแบน	อย่างละ 1 ด้าม
15. สายไฟฟ้าต่อวงจร	

4. ลำดับขั้นการปฏิบัติงาน

1. ศึกษาจุดประสงค์ทั่วไปและจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
2. ศึกษาทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับใบงานที่ 7.4
3. ศึกษารายละเอียดของ Phase Protector Relay (รุ่นที่ใช้ในการทดลอง) เช่น การต่อวงจร ความสัมพันธ์ของสภาวะหน้าสัมผัส (Contact) ภายในกับหมายเลขขั้วต่อสาย (Terminal) เป็นต้น
4. ใช้มัลติมิเตอร์ (Multimeter) วัดตรวจสอบสภาพของ Coil Trip ของ Circuit และวัดตรวจสภาพจุดต่อ (Terminal) ของ Phase Protector Relay
5. เขียน Diagram การต่อวงจรของ Circuit Breaker แบบมี Coil Trip ร่วมกับ Phase Protection Relay กรณีแรงดันไฟฟ้าต่ำกว่าปกติ
6. ต่อวงจร Circuit Breaker แบบมี Coil Trip ร่วมกับ Phase Protection Relay และต่อวงจรของ Voltmeter ร่วมกับ Voltmeter Selector Switch
7. อาจารย์ผู้สอนทำการตรวจสอบความถูกต้องของวงจร
8. ต่อระบบไฟฟ้า 3 Phase 380 Volt เข้าตู้จ่ายไฟหลัก โดยต่อผ่าน 3 Phase Voltage Regulator
9. ปรับ Voltage Regulator ไปยังตำแหน่งแรงดันสูงสุด สังเกตว่าจะมีไฟสัญญาณสีเขียวติดที่ตำแหน่ง ON ของ Phase Protector Relay แล้วให้ ON Main Circuit Breaker และ Circuit Breaker ย่อยทุกตัว
10. ปรับค่าแรงดันตกของ Phase Protector Relay ไปที่ 0% ค่อยๆ ปรับแรงดันไฟฟ้าที่ Voltage Regulator ลงแล้วสังเกตการณ์ทำงานของ Circuit Breaker แบบมีและไม่มี Coil Trip บันทึกผลที่เกิดขึ้นจากการทดลองที่ตารางบันทึกผลที่ 7.4.1
11. ปรับ %UV เป็น 5% แล้วเปิด Main Circuit Breaker อีกครั้ง ค่อยๆ ปรับแรงดันไฟฟ้าที่ Voltage Regulator ลงแล้วสังเกตการณ์ทำงานของ Circuit Breaker แบบมีและไม่มี Coil Trip บันทึกผลที่เกิดขึ้นจากการทดลองที่ตารางบันทึกผลที่ 7.4.1 ทำซ้ำเช่นนี้ไปเรื่อยๆ จนถึง %UV ที่ 20%

5. ทฤษฎีพื้นฐาน

ปัญหาที่ทำให้ Main Circuit Breaker ที่ติดตั้งภายในตู้จ่ายไฟหลัก หรือตู้สวิตช์บอร์ดเกิดการ Trip หรือที่เรียกกันอีกอย่างว่า Trip Conditioner นั้นจะมีปัจจัยหลักๆ ที่ทำให้เกิดการ Trip อยู่ 2 ประการ ดังนี้

5.1 กระแสไฟฟ้า (Current) ปัญหาจากการ Trip ในลักษณะเช่นนี้ส่วนใหญ่นั้นจะมาจากความผิดปกติจากการใช้งานของโหลดเป็นหลัก สามารถตรวจจับได้โดยใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เช่น Microprocessor หรือ Electronic Trip เป็นต้น สาเหตุของกระแสผิดปกติที่จะทำให้ Main Circuit Breaker เกิดการ Trip เช่น กระแสไฟฟ้าเกิน (Overload Current), กระแสไฟฟ้าลัดวงจร (Short

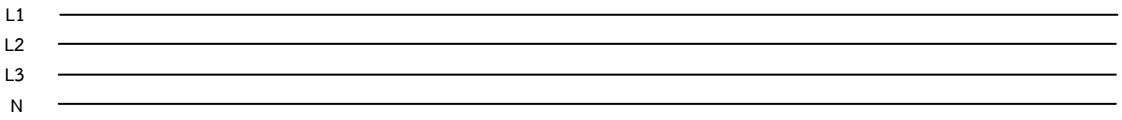
Circuit Current), กระแสไฟฟ้าลัดวงจรชั่วขณะ (Instantaneous Short Circuit Current), กระแสไฟฟ้าลัดวงจรลงดิน (Ground Fault Current), การปรับตั้งค่า Coordination Curve ระหว่าง Operation Characteristic ของ Main Circuit Breaker กับเซอร์กิตเบรกเกอร์ย่อย หรือ Feeder Circuit Breaker ที่ต่ออนุกรมกันมีค่า Setting ที่ไม่เหมาะสม

5.2 แรงดันไฟฟ้า (Voltage) ปัญหาจากการ Trip ในลักษณะเช่นนี้ส่วนใหญ่นั้นจะมาจากความผิดปกติของแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า (Voltage Source) สำหรับตู้จ่ายไฟหลักหรือตู้สวิตช์บอร์ด (Main Distribution Board) ส่วนใหญ่จะรับแรงดันไฟฟ้ามาจากหม้อแปลงไฟฟ้า ซึ่งความผิดปกติของแรงดันไฟฟ้าที่ทำให้อุปกรณ์ป้องกัน (Phase Protection Relay หรือ Voltage Protection Relay) มักตรวจพบมีดังต่อไปนี้ เช่น แรงดันไฟฟ้าเกิน (Over Voltage), แรงดันไฟฟ้าตก (Under Voltage), แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุล (Unbalance Voltage), แรงดันไฟฟ้าหายบางเฟส (Phase Loss Voltage), แรงดันไฟฟ้าสลับเฟส (Phase Sequence), ความถี่ไฟฟ้า (Frequency), ปัญหาที่กล่าวมานี้จะใช้ Phase Protection Relay หรือ Voltage Protection Relay ที่ติดตั้งอยู่ภายในตู้จ่ายไฟหลักทำหน้าที่ตรวจสอบความผิดปกติของแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายมาจากหม้อแปลงไฟฟ้า และส่งสัญญาณมาสั่ง Trip Main Circuit Breaker โดยอาศัยหน้าคอนแทคช่วย (Auxiliary Contact) ของอุปกรณ์ป้องกัน (Phase Protection Relay หรือ Voltage Protection Relay) ทำงานร่วมกันกับอุปกรณ์ช่วยปลดวงจรที่ติดตั้งภายใน Main Circuit Breaker เช่น อุปกรณ์ปลดวงจรโดยตรง (Shunt Release) หรืออุปกรณ์ช่วยปลดวงจรเมื่อแรงดันไฟฟ้าตก (Under Voltage Release)

การนำเอา Phase Protector Relay มาใช้ในการป้องกันระบบไฟฟ้าร่วมกับ Main Circuit Breaker และ Under Voltage Trip จะต้องมีการปรับตั้งค่าต่างๆ ให้เหมาะสมกับสภาพการใช้งาน ทั้งนี้ก็จะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของ Phase Protector Relay นั้นๆ ว่าจะสามารถตรวจสอบระบบไฟฟ้าหรือสามารถจะปรับตั้งค่าใดได้บ้าง โดยทั่วไปสามารถปรับค่าต่างๆ ได้ เช่น กรณี Under Voltage (UV) สำหรับตั้งค่าแรงดันตกสูงสุดที่ยอมรับได้ตั้งแต่ 0 - 20% หรือแล้วแต่รุ่น ยี่ห้อ และบริษัทผู้ผลิต เช่นอาจจะเริ่มปรับตั้งได้ตั้งแต่ 5 – 20% เป็นต้น การปรับตั้งค่าต่างๆ ของ Phase Protector Relay นั้นจะมีปุ่มปรับตั้งอยู่ที่ด้านหน้า ซึ่งจะระบุเป็นเปอร์เซ็นต์ ถ้าแรงดันต่ำกว่าค่าที่ตั้งไว้ Phase Protector Relay ก็จะสั่งให้ Coil Trip ของ Circuit Breaker ทำการตัดวงจร การจะตั้งค่าเปอร์เซ็นต์ของแรงดันตกเป็นเท่าไรนั้นขึ้นอยู่กับการใช้งานและชนิดของโหลดเป็นสำคัญ แต่ทั้งนี้จะต้องไม่ทำให้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต่ออยู่ในระบบไฟฟ้าได้รับความเสียหาย

6. ขั้นปฏิบัติการทดลอง

6.1 Diagram การต่อวงจรใช้งาน เขียน Diagram การต่อวงจรของ Circuit Breaker แบบมี Coil Trip ร่วมกับ Phase Protection Relay ในกรณีแรงดันไฟฟ้าต่ำกว่าปกติ



6.2 การปรับตั้งค่าต่างๆ ของ Phase Protection Relay นำ Diagram จากข้อ 6.1 มาต่อวงจรในตู้จ่ายไฟหลัก เมื่อผ่านการตรวจสอบจากอาจารย์ผู้สอนแล้วให้จ่ายระบบไฟฟ้าเข้าตู้ หลังจากนั้นทำการปรับตั้งค่าต่างๆ ตามตารางแล้วบันทึกผลในตารางที่ 7.4.1

ตารางที่ 7.4.1 บันทึกผลการปรับค่าต่างๆ ของ Phase Protection Relay

%แรงดันตกของ Phase Protector Relay (% UV)	แรงดันที่ Circuit Breaker ตัดวงจร (Volt)	
	แบบมี Coil Trip	แบบไม่มี Coil Trip
0 % 5 % 10 % 15 % 20 %		

6.3 สรุปผลการปฏิบัติใบงานที่ 7.4

6.3.1 ผลที่เกิดขึ้นเมื่อจ่ายระบบไฟฟ้าเข้าตู้จ่ายไฟหลัก .....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

6.3.2 ความรู้ที่ได้จากการปฏิบัติ .....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

6.3.3 ปัญหาและการแก้ไข .....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ใบงานที่ 7.5

เรื่อง การเปรียบเทียบการป้องกันของ Circuit Breaker แบบมีและไม่มี Coil Trip ในกรณีแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุล

วิชา การติดตั้งไฟฟ้า 1 รหัสวิชา 3104-2001 **ระดับ** ปวส. แผนกช่างไฟฟ้ากำลัง

1. จุดประสงค์ทั่วไป

เพื่อให้มีความรู้เกี่ยวกับการเปรียบเทียบการป้องกันของ Circuit Breaker แบบมีและไม่มี Coil Trip ในกรณีแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุล

2. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. อธิบายแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลได้
2. เขียน Diagram การต่อวงจรของ Circuit Breaker แบบมี Coil Trip ร่วมกับ Phase Protection Relay กรณีแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลได้อย่างถูกต้อง
3. ต่อวงจร Circuit Breaker แบบมี Coil Trip ร่วมกับ Phase Protection Relay กรณีแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลได้อย่างถูกต้อง
4. เลือกใช้อุปกรณ์ป้องกันระบบไฟฟ้าในกรณีที่แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลได้

3. เครื่องมือและอุปกรณ์

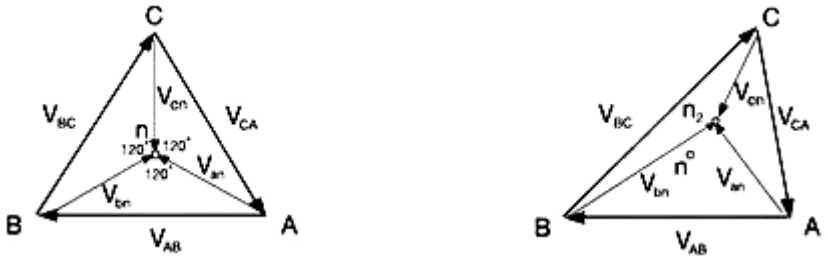
1. Main Distribution Board	จำนวน 1 ตู้
2. Multimeter	จำนวน 1 เครื่อง
3. Fuse 5 A	จำนวน 3 ตัว
4. Pilot Lamp 220/6.3 V	จำนวน 3 ตัว
5. Phase Protector Relay	จำนวน 1 ตัว
6. Circuit Breaker แบบมี Coil Trip	จำนวน 1 ตัว
7. Circuit Breaker แบบไม่มี Coil Trip	จำนวน 1 ตัว
8. Panel Voltmeter 0-500 V	จำนวน 1 ตัว
9. Voltmeter Selector Switch	จำนวน 1 ตัว
10. 3 Phase Voltage Regulator	จำนวน 1 ตัว
11. Rheostat แบบปรับค่าได้	จำนวน 1 ตัว
12. คีมตัด, คีมย้ำหางปลา, คีมปากแหลม	อย่างละ 1 ตัว
13. เคเบิ้ลไทร์ (Cable Tie) 4 นิ้ว	จำนวน 20 เส้น
14. หางปลาใช้กับสายเบอร์ 1 ตร.มม.	จำนวน 24 ตัว
15. ไขควงแฉก, ไขควงปากแบน	อย่างละ 1 ด้าม
16. สายไฟฟ้าต่อวงจร	

4. ลำดับขั้นการปฏิบัติงาน

1. ศึกษาจุดประสงค์ทั่วไปและจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
2. ศึกษาทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับใบงานที่ 7.5
3. ศึกษารายละเอียดของ Phase Protector Relay (รุ่นที่ใช้ในการทดลอง) เช่น การต่อวงจร ความสัมพันธ์ของสภาวะหน้าสัมผัส (Contact) ภายในกับหมายเลขขั้วต่อสาย (Terminal) เป็นต้น
4. ใช้มัลติมิเตอร์ (Multimeter) วัดตรวจสอบสภาพของ Coil Trip ของ Circuit และวัดตรวจสภาพจุดต่อ (Terminal) ของ Phase Protector Relay
5. เขียน Diagram การต่อวงจรของ Circuit Breaker แบบมี Coil Trip ร่วมกับ Phase Protection Relay กรณีแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุล
6. ต่อวงจร Circuit Breaker แบบมี Coil Trip ร่วมกับ Phase Protection Relay และต่อวงจรของ Voltmeter ร่วมกับ Voltmeter Selector Switch
7. อาจารย์ผู้สอนทำการตรวจสอบความถูกต้องของวงจร
8. ต่อระบบไฟฟ้า 3 Phase 380 Volt เข้าตู้จ่ายไฟหลัก โดยต่อผ่าน 3 Phase Voltage Regulator
9. ปรับ Voltage Regulator ไปยังตำแหน่งแรงดันสูงสุด สังเกตว่าจะมีไฟสัญญาณสีเขียวติดที่ตำแหน่ง ON ของ Phase Protector Relay แล้วให้ ON Main Circuit Breaker และ Circuit Breaker ย่อยทุกตัว
10. ปรับค่าแรงดันไม่สมดุลของ Phase Protector Relay ไปที่ 0% ค่อยๆ ปรับ Rheostat เพื่อให้แรงดันไฟฟ้าลดลงแล้วสังเกตการทำงานของ Circuit Breaker แบบมีและไม่มี Coil Trip บันทึกผลที่เกิดขึ้นจากการทดลองที่ตารางบันทึกผลที่ 7.5.1
11. ปรับ %UB เป็น 5% แล้วเปิด Main Circuit Breaker อีกครั้ง ค่อยๆ ปรับRheostat เพื่อให้แรงดันไฟฟ้าลดลงแล้วสังเกตการณ์ทำงานของ Circuit Breaker แบบมีและไม่มี Coil Trip บันทึกผลที่เกิดขึ้นจากการทดลองที่ตารางบันทึกผลที่ 7.5.1 ทำซ้ำเช่นนี้ไปเรื่อยๆ จนถึง %UB ที่ 20%

5. ทฤษฎีพื้นฐาน

5.1 แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุล (Unbalance Voltage) ผู้ที่ใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าชนิดสามเฟส (Three Phase) โดยทั่วไป มักจะคาดหวังไว้ว่าแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายจากการไฟฟ้าจะมีค่าแรงดันไฟฟ้าที่มีขนาดและมีมุมระหว่างเฟสของแรงดันที่เท่ากัน ดังรูปที่ 7.5.1 (ก) พบว่าขนาดของแรงดันไฟฟ้าระหว่างเฟสต่อเฟสหรือไลน์ต่อไลน์ (Phase to Phase หรือ Line to Line) จะมีค่าเท่ากันและมุมระหว่างเฟสจะห่างกัน 120° ทางไฟฟ้า และในขณะเดียวกันแรงดันระหว่างเฟสทั้งสาม เมื่อเทียบกับนิวทรัล (Neutral) ก็จะมีความสมดุลกันด้วยเช่นกัน



(ก) Symmetrical Phasor Diagram of A.C. Voltage (ข) Asymmetrical Phase to Phase Voltage

รูปที่ 7.5.1 เฟสเซอร์ของแรงดันไฟฟ้าทั้งสามเฟส (ก) สภาวะสมดุล (Symmetrical) และ (ข) สภาวะไม่สมดุล (Asymmetrical)[1]

ระบบแรงดันไฟฟ้าสามเฟสเมื่อเทียบแรงดันเฟสต่อเฟสไม่สมดุลกัน (Phase to Phase Voltage Unbalance) ดังรูปที่ 7.5.1 (ข) พบว่าค่าแรงดันไฟฟ้าระหว่างเฟสทั้งสามไม่สมดุลกันทั้งขนาดและมุม มีผลทำให้ค่าแรงดันไฟฟ้าเกิดความไม่สมดุลกันทั้งขนาดและมุม ส่งผลทำให้ค่าแรงดันเฟสต่อนิวทรัล (Phase to Neutral) เกิดความไม่สมดุลตามไปด้วย ดังจะเห็นว่าจุดนิวทรัล n (Neutral Point) จะเคลื่อนที่ไปอยู่ที่ตำแหน่ง n_2 แทน ซึ่งผลของการเกิดแรงดันไฟฟ้าที่ไม่สมดุลกันในลักษณะเช่นนี้จะทำให้อุปกรณ์ไฟฟ้าชนิดสามเฟส (Three Phase Loads) เช่น Induction Motor. Adjustable Speed Drives (ADS) มีประสิทธิภาพลดลง อาจจะเกิดการเสียหาย หรือหยุดการทำงานได้

การคำนวณหาค่าแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลแบบที่ 1 สามารถคำนวณได้จากสมการ ดังนี้

$$\% \text{ Unbalance} = \frac{\text{Maximum deviation from the average}}{\text{Average of the three phase to phase voltages}} \times 100\% \quad \text{.....(1)}$$

ตัวอย่างที่ 7.5.1 จงคำนวณหาเปอร์เซ็นต์แรงดันไม่สมดุลเมื่อทำการวัดแรงดันระหว่างเฟสได้ ดังนี้
Vab = 393 V, Vbc = 388 V, Vca = 395 V

วิธีทำ จากสมการที่ (1) แทนค่าแล้วจะได้

$$V_{average} = \frac{393 + 388 + 395}{3} = 392$$

$$\% \text{ Vunbalance} = \frac{(395 - 392) \times 100}{392} = 0.765$$

∴ เปอร์เซ็นต์แรงดันไม่สมดุลมีค่าเท่ากับ 0.765 %

ทวีปอเมริกาส่วนมากจะใช้การคำนวณหาค่าแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุล โดยการพิจารณาจากค่าแรงดันไฟฟ้าแบบเฟสต่อเฟส เช่น ตามมาตรฐาน ANSI และ NEMA มักจะใช้ค่าขนาดแรงดันไฟฟ้าแบบเฟสต่อเฟสมากกว่าใช้ค่าแรงดันแบบเฟสต่อนิวทรัล จะเห็นว่าด้วยวิธีการนี้สามารถใช้โวลต์มิเตอร์

[1] สืบค้นเมื่อ 30/10/58 http://eelabb.blogspot.com/p/lab9.html

(Voltmeter) แบบธรรมดาตรวจวัดค่าแรงดันไฟฟ้าได้ แต่สำหรับกลุ่มประเทศแถบทวีปยุโรป จะใช้ค่าอัตราส่วนระหว่างแรงดันไฟฟ้าลบต่อเนื่อง (Negative Sequence Voltage) ต่อแรงดันไฟฟ้าบวกต่อเนื่อง (Positive Sequence Voltage) เป็นตัวกำหนดค่าแรงดันไฟฟ้า ซึ่งการหาค่าดังกล่าวด้วยวิธีนี้ต้องใช้เครื่องมือชนิดพิเศษที่สามารถตรวจวัดค่าแรงดันไฟฟ้าลบต่อเนื่อง (Negative Sequence Voltage) ได้ มาทำการตรวจวัด ซึ่งปัจจุบันการไฟฟ้าในประเทศไทยก็ใช้วิธีการแบบหลังในการพิจารณากำหนดด้วยเช่นกัน

การคำนวณหาค่าแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลแบบที่ 2 สามารถคำนวณได้จากสมการ ดังนี้

$$\% \text{ Unbalance} = \frac{\text{Negative Sequence Voltage}}{\text{Positive Sequence Voltage}} \times 100\% \quad \text{.....(2)}$$

ตัวอย่างที่ 7.5.2 จงคำนวณหาเปอร์เซ็นต์แรงดันไม่สมดุลเมื่อทำการวัดแรงดันได้ ดังนี้ Positive Sequence Voltage = 391 V, Negative Sequence Voltage = 2.15 V

วิธีทำ จากสมการที่ (2) แทนค่าแล้วจะได้

$$\% \text{ Vunbalance Voltage} = \frac{2.15 \times 100}{391} = 0.765$$

$\therefore$ เปอร์เซ็นต์แรงดันไม่สมดุลมีค่าเท่ากับ 0.549 %

5.2 ผลกระทบที่เกิดจากแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุล

5.2.1 ผลกระทบที่เกิดขึ้นกับมอเตอร์ไฟฟ้า หากระบบไฟฟ้าที่จ่ายให้กับมอเตอร์ไฟฟ้าเกิดแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุล จะส่งผลกระทบทำให้มอเตอร์ไฟมีความร้อนเกิดขึ้นผิดปกติ เนื่องจากมีกระแสไฟฟ้าลบต่อเนื่อง (Negative Sequence Currents) ไหลเข้ามอเตอร์เป็นจำนวนมาก กระแสไฟฟ้าลบนี้จะไปสร้างสนามแม่เหล็กต้านกับสนามแม่เหล็กที่ทำให้มีกำลังงานเกิดขึ้น กำลังงานนี้จะทำให้แรงบิดของมอเตอร์ลดลง

ในสภาวะที่มอเตอร์ทำงานปกติ ค่าต้านทานของมอเตอร์จะมีความสัมพันธ์กับค่ากระแสบวกต่อเนื่อง (Negative Sequence Voltage) ของระบบไฟฟ้า คือจะมีค่าความต้านทานต่ำมากๆ ใกล้เคียงกับค่าความต้านทานของมอเตอร์ในขณะเริ่มเดิน (Locked Rotor Start Impedance) ดังนั้นแม้ว่าระบบไฟฟ้าที่มีผลต่อแรงดันไฟฟ้าลบทำให้ค่าความต้านทานมีค่าต่ำมากๆ นี่เอง จึงทำให้เกิดค่ากระแสลำดับลบจำนวนมากมายไหลเข้ามอเตอร์ไฟฟ้า จนทำให้มอเตอร์ร้อน หรืออาจเกิดการชำรุดเสียหายได้

เนื่องจากที่ชุดเรียงกระแสไฟฟ้า (Adjustable Speed Drivers) จะรับไฟจากระบบไฟฟ้าแบบเฟสต่อเฟสเพื่อชาร์จไฟให้แก่ DC Bus อยู่ตลอดเวลา ดังนั้นหากค่าแรงดันไฟฟ้าที่คร่อมชุดเรียงกระแสไฟฟ้าเฟสใดเฟสหนึ่งเกิดสูงเกินกว่าแรงดันของเฟสที่เหลือ ก็จะมีผลทำให้ชุดเรียงกระแสนั้นนำค่ากระแสมากกว่าเฟสที่เหลือ ซึ่งถ้าหากว่าค่าแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลเพียงแค่ 3% อาจมีผลทำให้มอเตอร์

ชนิดปรับความเร็วรอบเกิดปัญหาได้ นอกจากนี้ผลของแรงดันไฟฟ้าที่ไม่สมดุลยังทำให้เกิดปัญหาฮาร์โมนิก (Harmonics) ขึ้นได้อีกด้วยเช่นกัน รวมทั้งทำให้เพิ่มค่า Ripple ใน DC Bus อีกด้วย

5.2.2 ผลกระทบที่เกิดขึ้นกับระบบไฟฟ้า หากของอุปกรณ์ไฟฟ้าชนิดหนึ่งเฟสมีขนาดใหญ่และดึงกระแสไฟฟ้าในแต่ละเฟสที่ไม่เท่ากันในปริมาณมากๆ ก็จะทำให้เกิดกระแสไฟฟ้า (ความถี่ 50 Hz) เกิดขึ้นในสายนิวทรัล นอกจากนั้นหากมีการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าชนิดหนึ่งเฟสที่เป็นแหล่งกำเนิดกระแสฮาร์มอนิก (Harmonic Source) รวมอยู่ด้วยเป็นจำนวนมาก เช่น เครื่องถ่ายเอกสาร หลอดไฟที่ใช้บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Ballast), เครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งอุปกรณ์ไฟฟ้าเหล่านี้จะสร้างกระแสฮาร์โมนิกลำดับที่ 3 (ความถี่ 150 Hz) ไหลอยู่ในสายนิวทรัล หรือในบางครั้งกระแสที่ไหลในสายนิวทรัลอาจมีค่าสูงใกล้เคียงกับค่ากระแสไฟฟ้าในสายเฟสเลยก็ได้ แม่ว่าค่าแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลทั้งสามเฟสมีค่าเพียงเล็กน้อยก็ตาม ผลของแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลก็จะทำให้เกิดมีกระแสไฟฟ้าไหลในสายนิวทรัล ในที่สุดก็ส่งผลทำให้เกิดปัญหาต่างๆ ตามมา ดังนี้

1) เกิดความสูญเสีย (Losses) เพิ่มขึ้นในระบบไฟฟ้า

2) เกิดแรงดันไฟฟ้าตกมากขึ้น (Voltage Drop) ในกรณีการจ่ายไฟให้กับโหลดชนิดหนึ่งเฟส (Single Phase Load)

3) เกิดอันตรายจากกระแสไฟฟ้าดูด เมื่อไปสัมผัสกับสายนิวทรัล เนื่องจากสายนิวทรัลมีแรงดันไฟฟ้าตกคร่อม (Voltage Drop)

4) อุปกรณ์ป้องกันกระแสไฟฟ้าลัดวงจรลงดิน (Ground over current relay) ทำงานผิดพลาดได้ ถ้าหากว่าการตั้งค่า Setting มีค่าไม่เหมาะสม

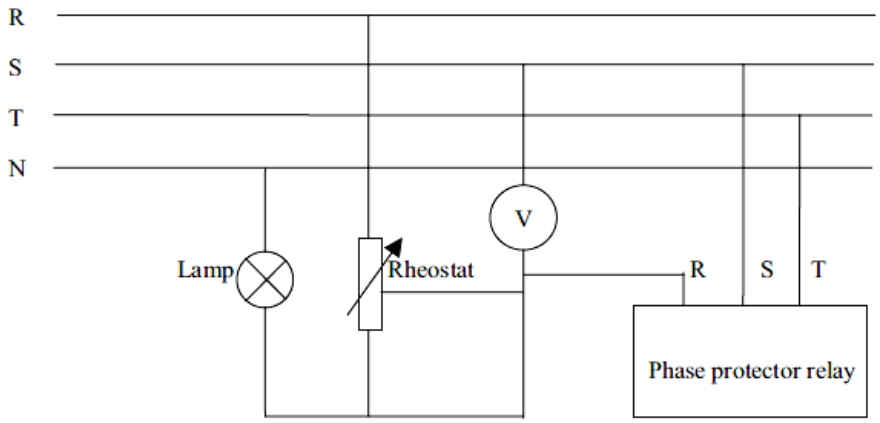
5) ทำให้พิกัดของระบบไฟฟ้ามีค่าลดลง ตัวอย่างเช่น หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังระบบขนาด 1000 kVA 400/231 V 12 kV พิกัดกระแสไฟฟ้าของแต่ละเฟสมีค่าเท่ากับ 1440 A แต่ถ้ากระแสไฟฟ้าที่ดึงในเฟส A, B และ C ตามลำดับมีค่า 1,355, 1,290 และ 1,152 A จะเห็นว่าค่ากระแสที่เฟส B และ C ยังไม่เต็มพิกัดสามารถจ่ายไฟได้เพิ่มอีก แต่ในขณะเดียวกันที่เฟส A มีค่าใกล้เต็มพิกัดแล้วจึงไม่สามารถเพิ่มโหลดชนิด 3 เฟส ได้อีก

5.3 สาเหตุของการเกิดแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุล สาเหตุหลักของการเกิดแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลจะเกิดการใช้กระแสที่ไม่สมดุล (Unbalance Currents) ตั้งแต่ 15-20% ขึ้นไป ซึ่งอุปกรณ์ไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรมนอกจากจะใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าชนิดสามเฟสแล้ว ยังใช้อุปกรณ์อยู่ในวงจรด้วย เช่น อุปกรณ์สำนักงาน ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง มอเตอร์ไฟฟ้าหนึ่งเฟส (Single Phase Motor) เมื่ออุปกรณ์ไฟฟ้าดังกล่าวใช้กระแสไฟฟ้าไม่สมดุลแล้วก็จะส่งผลทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าในระบบไม่สมดุล

อีกสาเหตุหนึ่งอาจจะเกิดจากการขนานคาปาซิเตอร์ (Shunt Capacitor Bank) ที่ใช้ในการปรับค่าตัวประกอบพลังไฟฟ้าในตู้จ่ายไฟหลัก เกิดความผิดพร่องบางชุดหรือเพียงบาง element หรือฟิวส์ป้องกันชุดคาปาซิเตอร์ขาดบางเฟสทำให้การชดเชยกำลังไฟฟ้าสูญเสีย (Reactive Power) ไม่เท่ากันทั้งสามเฟส ซึ่งจะเป็นผลทำให้ค่าแรงดันไฟฟ้าในแต่ละเฟสมีค่าแตกต่างกันได้

การนำเอา Phase Protector Relay มาใช้ในการป้องกันระบบไฟฟ้าร่วมกับ Main Circuit Breaker และ Under Voltage Trip จะต้องมีการปรับตั้งค่าต่างๆ ให้เหมาะสมกับสภาพการใช้งาน ทั้งนี้ก็จะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของ Phase Protector Relay นั้นๆ ว่าจะสามารถตรวจสอบระบบไฟฟ้าหรือสามารถจะปรับตั้งค่าใดได้บ้าง โดยทั่วไปสามารถปรับค่าต่างๆ ได้ เช่น กรณี Unbalance Voltage (UB) สำหรับตั้งค่าแรงดันไม่สมดุลสูงสุดที่ยอมรับได้ตั้งแต่ 0 - 20% หรือแล้วแต่รุ่น ยี่ห้อและบริษัทผู้ผลิต เช่นอาจจะเริ่มปรับตั้งได้ตั้งแต่ 5 – 20% เป็นต้น การปรับตั้งค่าต่างๆ ของ Phase Protector Relay นั้นจะมีปุ่มปรับตั้งอยู่ที่ด้านหน้า ซึ่งจะระบุเป็นเปอร์เซ็นต์ ถ้าแรงดันไม่สมดุลต่ำกว่าค่าที่ตั้งไว้ Phase Protector Relay ก็จะสั่งให้ Coil Trip ของ Circuit Breaker ทำการตัดวงจร การจะตั้งค่าเปอร์เซ็นต์ของแรงดันไม่สมดุลนั้นจะต้องไม่ทำให้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต่ออยู่ในระบบไฟฟ้าได้รับความเสียหาย

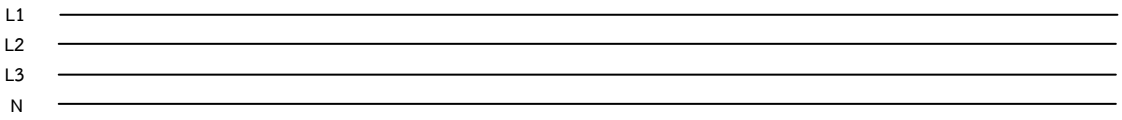
การทดลองในใบงานนี้จะใช้ Rheostat แบบปรับค่าได้เพื่อปรับค่าแรงดันไฟฟ้าให้อยู่ในระดับที่แตกต่างกัน ซึ่งจะเป็นการสมมติสภาพของแรงดันไฟฟ้าที่ไม่สมดุล ดังรูปที่ 7.5.2 จากวงจรจะใช้เครื่องวัดแรงดันไฟฟ้า Voltmeter วัดค่าแรงดันของเฟสเพื่อดูค่าแรงดันไฟฟ้าที่เป็นผลจากการปรับ Rheostat และใช้หลอดแบบไส้ต่อร่วมกับวงจร สำหรับสังเกตดูความเปลี่ยนแปลงของแรงดันไฟฟ้าจากความสว่างของหลอดไฟ (Lamp)



รูปที่ 7.5.2 วงจรทดลองแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุล

6. ขั้นปฏิบัติการทดลอง

6.1 Diagram การต่อวงจรใช้งาน เขียน Diagram การต่อวงจรของ Circuit Breaker แบบมี Coil Trip ร่วมกับ Phase Protection Relay และวงจรทดลองปรับค่าแรงดันไฟฟ้า



6.2 การปรับตั้งค่าต่างๆ ของ Phase Protection Relay นำ Diagram จากข้อ 6.1 มาต่อวงจรในตู้จ่ายไฟหลัก เมื่อผ่านการตรวจสอบจากอาจารย์ผู้สอนแล้วให้จ่ายระบบไฟฟ้าเข้าตู้ หลังจากนั้นทำการปรับตั้งค่าต่างๆ ตามตารางแล้วบันทึกผลในตารางที่ 7.5.1

ตารางที่ 7.5.1 บันทึกผลการปรับค่าต่างๆ ของ Phase Protection Relay

%แรงดันไม่สมดุลของ Phase Protector Relay (% UB)	แรงดันที่ Circuit Breaker ตัดวงจร (Volt)	
	แบบมี Coil Trip	แบบไม่มี Coil Trip
0 % 5 % 10 % 15 % 20 %		

6.3 จงตอบคำถามต่อไปนี้

6.3.1 แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุล คืออะไร เราจะทราบได้อย่างไรว่าระบบเกิดปัญหาในเรื่องของแรงดันไม่สมดุล

แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุล คือ .....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

สิ่งที่บ่งบอกว่าเกิดปัญหาแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุล คือ .....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

6.3.2 ผลกระทบที่เกิดขึ้นจากแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลทั้งในระบบไฟฟ้าและอุปกรณ์ไฟฟ้าเป็นเช่นไร มีวิธีการแก้ไขและป้องกันปัญหาดังกล่าวอย่างไรบ้าง

ผลกระทบที่เกิดในระบบไฟฟ้าและอุปกรณ์ไฟฟ้า คือ .....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

วิธีการป้องกันและแก้ไขปัญหา คือ .....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

6.4 สรุปผลการปฏิบัติใบงานที่ 7.5

6.4.1 ผลที่เกิดขึ้นเมื่อจ่ายระบบไฟฟ้าเข้าตู้จ่ายไฟหลัก .....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

6.4.2 ความรู้ที่ได้จากการปฏิบัติ .....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

6.4.3 ปัญหาและการแก้ไข .....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ใบงานที่ 7.6

เรื่อง การเปรียบเทียบการป้องกันของ Circuit Breaker แบบมีและไม่มี Coil Trip ในกรณีแรงดันไฟฟ้าไม่ครบเฟส

วิชา การติดตั้งไฟฟ้า 1 รหัสวิชา 3104-2001 **ระดับ** ปวส. แผนกช่างไฟฟ้ากำลัง

1. จุดประสงค์ทั่วไป

เพื่อให้มีความรู้เกี่ยวกับการเปรียบเทียบการป้องกันของ Circuit Breaker แบบมีและไม่มี Coil Trip ในกรณีแรงดันไฟฟ้าไม่ครบเฟส

2. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. อธิบายข้อมูลเกี่ยวกับแรงดันไฟฟ้าไม่ครบเฟสได้
2. เขียน Diagram การต่อวงจรของ Circuit Breaker แบบมี Coil Trip ร่วมกับ Phase Protection Relay กรณีแรงดันไฟฟ้าไม่ครบเฟสได้อย่างถูกต้อง
3. ต่อวงจร Circuit Breaker แบบมี Coil Trip ร่วมกับ Phase Protection Relay กรณีแรงดันไฟฟ้าไม่ครบเฟสได้อย่างถูกต้อง
4. เลือกใช้อุปกรณ์ป้องกันระบบไฟฟ้าในกรณีที่แรงดันไฟฟ้าไม่ครบเฟสได้

3. เครื่องมือและอุปกรณ์

1. Main Distribution Board	จำนวน 1 ตู้
2. Multimeter	จำนวน 1 เครื่อง
3. Fuse 5 A	จำนวน 3 ตัว
4. Pilot Lamp 220/6.3 V	จำนวน 3 ตัว
5. Phase Protector Relay	จำนวน 1 ตัว
6. Circuit Breaker แบบมี Coil Trip	จำนวน 1 ตัว
7. Circuit Breaker แบบไม่มี Coil Trip	จำนวน 1 ตัว
8. Panel Voltmeter 0-500 V	จำนวน 1 ตัว
9. Voltmeter Selector Switch	จำนวน 1 ตัว
10. 3 Phase Voltage Regulator	จำนวน 1 ตัว
11. Rheostat แบบปรับค่าได้	จำนวน 1 ตัว
12. คีมตัด, คีมย้ำหางปลา, คีมปากแหลม	อย่างละ 1 ตัว
13. เคเบิ้ลไทร์ (Cable Tie) 4 นิ้ว	จำนวน 20 เส้น
14. หางปลาใช้กับสายเบอร์ 1 ตร.มม.	จำนวน 24 ตัว
15. ไขควงแฉก, ไขควงปากแบน	อย่างละ 1 ด้าม
16. สายไฟฟ้าต่อวงจร	

4. ลำดับขั้นการปฏิบัติงาน

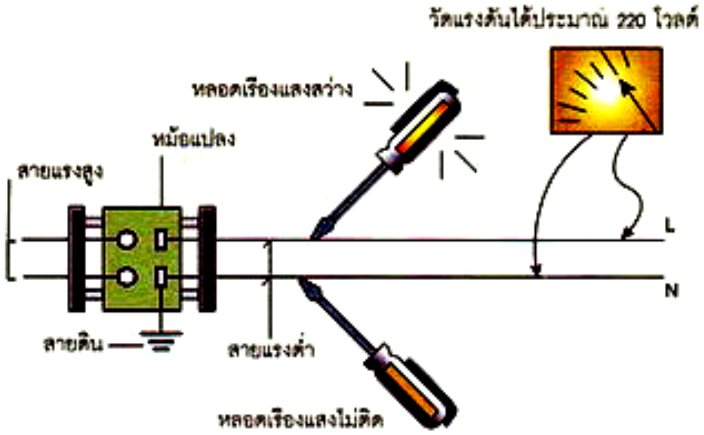
1. ศึกษาจุดประสงค์ทั่วไปและจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
2. ศึกษาทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับใบงานที่ 7.6
3. ศึกษารายละเอียดของ Phase Protector Relay (รุ่นที่ใช้ในการทดลอง) เช่น การต่อวงจร ความสัมพันธ์ของสภาวะหน้าสัมผัส (Contact) ภายในกับหมายเลขขั้วต่อสาย (Terminal) เป็นต้น
4. ใช้มัลติมิเตอร์ (Multimeter) วัดตรวจสอบสภาพของ Coil Trip ของ Circuit และวัดตรวจสภาพจุดต่อ (Terminal) ของ Phase Protector Relay
5. เขียน Diagram การต่อวงจรของ Circuit Breaker แบบมี Coil Trip ร่วมกับ Phase Protection Relay กรณีแรงดันไฟฟ้าไม่ครบเฟส
6. ต่อวงจร Circuit Breaker แบบมี Coil Trip ร่วมกับ Phase Protection Relay และต่อวงจรของ Voltmeter ร่วมกับ Voltmeter Selector Switch
7. อาจารย์ผู้สอนทำการตรวจสอบความถูกต้องของวงจร
8. ต่อระบบไฟฟ้า 3 Phase 380 Volt เข้าตู้จ่ายไฟหลัก โดยต่อผ่าน 3 Phase Voltage Regulator
9. ปรับ Voltage Regulator ไปยังตำแหน่งแรงดันสูงสุด สังเกตว่าจะมีไฟสัญญาณสีเขียวติดที่ตำแหน่ง ON ของ Phase Protector Relay แล้วให้ ON Main Circuit Breaker และ Circuit Breaker ย่อยทุกตัว
10. ปรับตั้ง %UV และ %UB ที่ 0%
11. ตัดระบบไฟฟ้าที่จ่ายให้ตู้จ่ายไฟหลักทีละเฟส แล้วสังเกตการทำงานของ Circuit Breaker แบบมีและไม่มี Coil Trip บันทึกผลที่เกิดขึ้นจากการทดลองที่ตารางบันทึกผลที่ 7.6.1
12. เพิ่มการปรับตั้งค่า %UV และ %UB เป็น 5% และ 10% ไปเรื่อยๆ จนกว่าจะครบทุกค่าปรับตั้ง แล้วปฏิบัติตามข้อ 11

5. ทฤษฎีพื้นฐาน

5.1 ระบบไฟฟ้าที่ใช้ในประเทศไทย เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternating Current) หรือ AC มีความถี่ 50 Hz ระบบไฟฟ้า หมายถึงลักษณะการส่งจ่ายกระแสไฟฟ้าจากแหล่งกำนิดไฟฟ้า ไปยังผู้ใช้ไฟฟ้าตามประเภทการใช้งาน โดยส่งจากสถานีไฟฟ้าผ่านสายไฟฟ้าแรงสูง ผ่านสถานีไฟฟ้าย่อย ผ่านหม้อแปลงแปลงไฟฟ้าให้ต่ำลงไปยังบ้านพักอาศัย อาคารสานักงาน หรือโรงงานอุตสาหกรรม สำหรับกระแสไฟฟ้าที่ไหลเข้าสู่บ้านเรือนทั่วไปนั้นก็ใช้หลักการไหลแบบเดียวกัน ระบบไฟฟ้าแบ่งออกได้เป็น 2 ระบบ ดังนี้

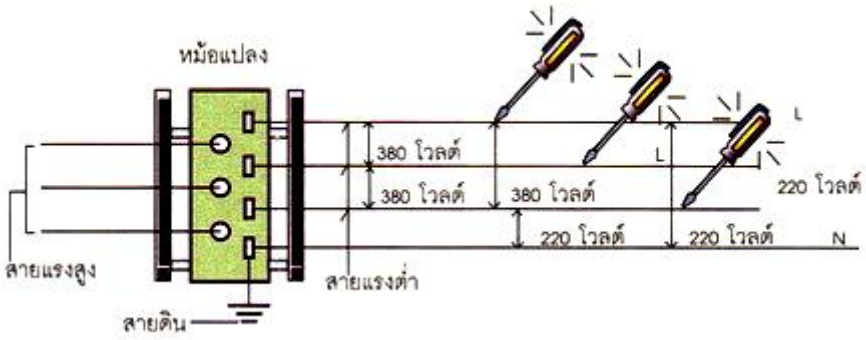
5.1.1 ระบบไฟฟ้า 1 เฟส (Single phase) คือระบบไฟฟ้าที่มีสายไฟฟ้าจานวน 2 เส้น เส้นที่มีไฟเรียกว่าสายไฟ หรือสายเฟส หรือสายไลน์เขียนแทนด้วยตัวอักษร L (Line) อีกเส้นหนึ่งที่ไม่มีไฟเรียกว่าสายนิวทรัล หรือสายศูนย์เขียนแทนด้วยตัวอักษร N (Neutral) ทดสอบได้โดยใช้ไขควงวัดไฟ เมื่อ

ใช้ไขควงวัดไฟแตะสายเฟส หรือสายไลน์ หลอดไฟเรืองแสงที่อยู่ภายไขควงจะติด สำหรับสายนิวทรัล หรือสายศูนย์จะไม่ติด ดังรูปที่ 7.6.1 แรงดันไฟฟ้าที่ใช้มีขนาด 220 V ใช้สาหรับบ้านพักอาศัยทั่วไปที่มีการใช้ไฟฟ้าไม่มากนัก



รูปที่ 7.6.1 ระบบไฟฟ้า 1 เฟส[1]

5.1.2 ระบบไฟฟ้า 3 เฟส (Three Phase) คือระบบไฟฟ้าที่มีสายเส้นไฟจานวน 3 เส้น และสายนิวทรัล 1 เส้น จึงมีสายรวมเป็น 4 เส้น ระบบไฟฟ้า 3 เฟส สามารถต่อใช้งานเป็นระบบไฟฟ้า 1 เฟส ได้ โดยการต่อจากเฟสใดเฟสหนึ่งและสายนิวทรัลอีกเส้นหนึ่ง แรงดันไฟฟ้าระหว่างสายเฟส



รูปที่ 7.6.2 ระบบไฟฟ้า 1 เฟส[2]

เส้นใดเส้นหนึ่งกับสายนิวทรัลมีค่า 220 V และแรงดันไฟฟ้าระหว่างสายเฟสด้วยกันมีค่า 380 V ระบบนี้จึงเรียกว่าระบบไฟฟ้า 3 เฟส 4 สาย 220/380 V ดังรูปที่ 7.6.2 ระบบนี้มีข้อดีคือสามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าได้มากกว่าระบบ 1 เฟส ถึง 3 เท่า จึงเหมาะสมกับสถานที่ที่ต้องการใช้ไฟฟ้ามากๆ เช่น

[1,2] สืบค้นเมื่อ 30/10/58 http://www.bloggang.com/mainblog.php?id=kanichikoong&month=13-01-2013&group=21&gblog=20

อาคารพาณิชย์ โรงงานอุตสาหกรรมขนาดเล็ก เป็นต้น ระบบไฟฟ้า 3 เฟส 4 สาย เป็นระบบที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน เมื่อไฟฟ้าในเฟสใดเฟสหนึ่งขัดข้องไฟฟ้าที่เหลืออยู่ยังสามารถใช้งานได้ตามปกติ

5.2 ปัญหาที่เกิดขึ้นเมื่อสายไฟฟ้าขาด

5.2.1 เมื่อสาย Line ขาด

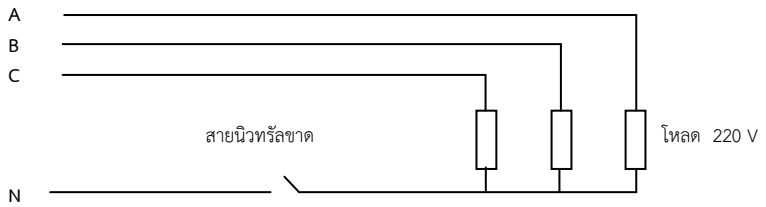
1) ระบบ 1 เฟส 2 สาย จะเป็นผลทำให้ระบบไฟฟ้าดับไม่มีกระแสไฟฟ้าใช้งาน ในกรณีนี้คงจะไม่เกิดผลกระทบที่ทำให้เกิดการชำรุดกับโหลดหรืออุปกรณ์ไฟฟ้า จะมีผลคล้ายกับการตัดกระแสไฟฟ้า

2) ระบบ 3 เฟส 4 สาย โหลดไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่จะมีการใช้มอเตอร์ซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักในการขับเคลื่อนเครื่องจักรกลในการผลิต สร้างนวัตกรรมและชิ้นส่วนต่างๆ แต่เนื่องจากในการใช้งานมอเตอร์ขนาดใหญ่นี้ จะประสบปัญหาคือ การที่ระบบไฟฟ้า 3 เฟสที่จ่ายให้มอเตอร์มาไม่ครบทั้ง 3 เฟสหรือเฟสใดเฟสหนึ่งขาดหายไป จะทำให้มอเตอร์ต้องดึงพลังงานไฟฟ้าจากเฟสที่เหลือมาใช้งานทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าสูง และเกิดความร้อนสะสมที่จะทำให้มอเตอร์เกิดการไหม้ภายในขดลวด ซึ่งความเสียหายในแต่ละครั้งที่เกิดขึ้น จะต้องมีค่าใช้จ่ายที่สูงมากในการซ่อมแซมหรือยกเครื่องใหม่ (Overhaul Motor)

5.2.2 เมื่อสาย Neutral ขาด

1) ระบบ 1 เฟส 2 สาย เมื่อสายนิวทรัลขาดแต่อุปกรณ์ไฟฟ้ายังเปิดใช้อยู่จะมีผลทำให้มีกระแสไฟฟ้าไหลเข้าไปแต่อุปกรณ์ไฟฟ้าไม่ทำงานเนื่องจากไม่ครบวงจร หากใช้ไขควงวัดไฟจะพบว่ามีไฟทั้ง 2 เส้น ถ้าเป็นหลอดไฟจะพบว่าที่หลอดไฟจะมีแสงเรืองๆ ไม่ดับสนิท เมื่อทำการแก้ไขหรือต่อสายนิวทรัลแล้วเหตุการณ์ดังกล่าวก็จะหายไป

2) ระบบ 3 เฟส 4 สาย การจ่ายไฟฟ้าแรงต่ำของการไฟฟ้าที่จ่ายให้กับประชาชนเป็นระบบ 3 เฟส 4 สาย ซึ่งจะมีเฟส A, B, C และ N หากทำการวัดแรงดันระหว่างเฟสจะได้แรงดัน 380 V แต่ถ้าวัดแรงดันระหว่างสายเฟสกับสายนิวทรัลจะได้แรงดัน 220 V ซึ่งโดยทั่วไปแล้วเครื่องใช้ไฟฟ้าตามบ้านพักอาศัยจะใช้ระบบแรงดัน 220 V เมื่อสายนิวทรัลขาด กระแสไฟฟ้าไม่สามารถ



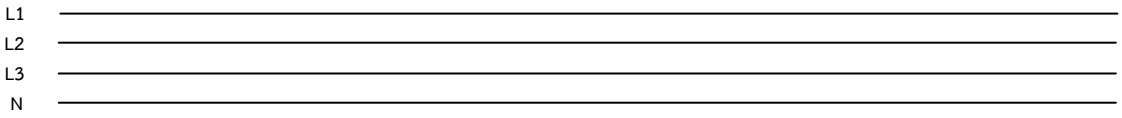
รูปที่ 7.6.3 สายนิวทรัลขาด

ไหลครบวงจรผ่านสายนิวทรัลได้ แต่จะไหลครบวงจรระหว่างเฟสกับเฟส แรงดันระหว่างสายจะสูงเกินกว่าปกติ หรือประมาณ 380 V เนื่องจากเป็นการตกคร่อมระหว่างเฟสกับเฟส ซึ่งจะเป็นสาเหตุทำให้อุปกรณ์ไฟฟ้าหรือเครื่องใช้ไฟฟ้าทุกตัวที่ต่ออยู่ในระบบอาจจะเกิดการเสียหายได้เสียหายได้ ดังรูปที่ 7.6.3 จากรูปจะสังเกตเห็นว่าวงจรใช้งานจะต่อเป็นแบบรวมสายนิวทรัล (Group Neutral) หากระบบมีการแยกสาย

นิวทรัลต่อตัวอุปกรณ์ไฟฟ้าแล้ว ปัญหาดังกล่าวก็จะเกิดขึ้นเฉพาะอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต่ออยู่กับสายที่ขาดเท่านั้น

6. ขั้นปฏิบัติการทดลอง

6.1 Diagram การต่อวงจรใช้งาน เขียน Diagram การต่อวงจรของ Circuit Breaker แบบมี Coil Trip ร่วมกับ Phase Protection Relay ในกรณีแรงดันไฟฟ้าไม่ครบเฟส



6.2 การปรับตั้งค่าต่างๆ ของ Phase Protection Relay นำ Diagram จากข้อ 6.1 มาต่อวงจรในตู้จ่ายไฟหลัก เมื่อผ่านการตรวจสอบจากอาจารย์ผู้สอนแล้วให้จ่ายระบบไฟฟ้าเข้าตู้ หลังจากนั้นทำการปรับตั้งค่าต่างๆ ตามตารางแล้วบันทึกผลในตารางที่ 7.6.1

ตารางที่ 7.6.1 บันทึกผลที่เกิดขึ้นกับระบบไฟฟ้า

เฟสที่ทำการตัด	ผลที่เกิดขึ้น	Phase Protection Relay	
		% UV	% UB
R S T N			

6.3 จงตอบคำถามต่อไปนี้

6.3.1 แรงดันไฟฟ้าไม่ครบเฟส คืออะไร เราจะทราบได้อย่างไรว่าระบบเกิดปัญหาในเรื่องของแรงดันไม่ครบเฟส

แรงดันไฟฟ้าไม่ครบเฟส คือ .....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

สิ่งที่บ่งบอกว่าเกิดปัญหาแรงดันไฟฟ้าไม่คบเฟส คือ .....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

6.3.2 ผลกระทบที่เกิดขึ้นจากแรงดันไฟฟ้าไม่ครบเฟสทั้งในระบบไฟฟ้า 1 เฟส และระบบไฟฟ้า 3 เฟส เป็นเช่นไร มีวิธีการแก้ไขและป้องกันปัญหาดังกล่าวอย่างไรบ้าง

ผลกระทบที่เกิดกับระบบไฟฟ้า คือ .....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

วิธีการป้องกันและแก้ไขปัญหา คือ .....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

6.4 สรุปผลการปฏิบัติใบงานที่ 7.6

6.4.1 ผลที่เกิดขึ้นเมื่อจ่ายระบบไฟฟ้าเข้าตู้จ่ายไฟหลัก .....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

6.4.2 ความรู้ที่ได้จากการปฏิบัติ .....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

6.4.3 ปัญหาและการแก้ไข .....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ใบงานที่ 7.7

เรื่อง การเปรียบเทียบการป้องกันของ Circuit Breaker แบบมีและไม่มี Coil Trip ในกรณีแรงดันไฟฟ้าไม่เรียงลำดับเฟส

วิชา การติดตั้งไฟฟ้า 1 รหัสวิชา 3104-2001 **ระดับ** ปวส. แผนกช่างไฟฟ้ากำลัง

1. จุดประสงค์ทั่วไป

เพื่อให้มีความรู้เกี่ยวกับการเปรียบเทียบการป้องกันของ Circuit Breaker แบบมีและไม่มี Coil Trip ในกรณีแรงดันไฟฟ้าไม่เรียงลำดับเฟส

2. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. อธิบายข้อมูลเกี่ยวกับแรงดันไฟฟ้าไม่เรียงลำดับเฟสได้
2. เขียน Diagram การต่อวงจรของ Circuit Breaker แบบมี Coil Trip ร่วมกับ Phase Protection Relay กรณีแรงดันไฟฟ้าไม่ครบเฟสได้อย่างถูกต้อง
3. ต่อวงจร Circuit Breaker แบบมี Coil Trip ร่วมกับ Phase Protection Relay กรณีแรงดันไฟฟ้าไม่เรียงลำดับเฟสได้อย่างถูกต้อง
4. เลือกใช้อุปกรณ์ป้องกันระบบไฟฟ้าในกรณีที่แรงดันไฟฟ้าไม่เรียงลำดับเฟสได้

3. เครื่องมือและอุปกรณ์

1. Main Distribution Board	จำนวน 1 ตู้
2. Multimeter	จำนวน 1 เครื่อง
3. Fuse 5 A	จำนวน 3 ตัว
4. Pilot Lamp 220/6.3 V	จำนวน 3 ตัว
5. Phase Protector Relay	จำนวน 1 ตัว
6. Circuit Breaker แบบมี Coil Trip	จำนวน 1 ตัว
7. Circuit Breaker แบบไม่มี Coil Trip	จำนวน 1 ตัว
8. Panel Voltmeter 0-500 V	จำนวน 1 ตัว
9. Voltmeter Selector Switch	จำนวน 1 ตัว
10. 3 Phase Voltage Regulator	จำนวน 1 ตัว
11. คีมตัด, คีมย้ำหางปลา, คีมปากแหลม	อย่างละ 1 ตัว
12. เคเบิ้ลไทร์ (Cable Tie) 4 นิ้ว	จำนวน 20 เส้น
13. หางปลาใช้กับสายเบอร์ 1 ตร.มม.	จำนวน 24 ตัว
14. ไขควงแฉก, ไขควงปากแบน	อย่างละ 1 ด้าม
15. สายไฟฟ้าต่อวงจร	

4. ลำดับขั้นการปฏิบัติงาน

1. ศึกษาจุดประสงค์ทั่วไปและจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
2. ศึกษาทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับใบงานที่ 7.7
3. ศึกษารายละเอียดของ Phase Protector Relay (รุ่นที่ใช้ในการทดลอง) เช่น การต่อวงจร ความสัมพันธ์ของสภาวะหน้าสัมผัส (Contact) ภายในกับหมายเลขขั้วต่อสาย (Terminal) เป็นต้น
4. ใช้มัลติมิเตอร์ (Multimeter) วัดตรวจสอบสภาพของ Coil Trip ของ Circuit และวัดตรวจสภาพจุดต่อ (Terminal) ของ Phase Protector Relay
5. เขียน Diagram การต่อวงจรของ Circuit Breaker แบบมี Coil Trip ร่วมกับ Phase Protection Relay กรณีแรงดันไฟฟ้าไม่เรียงลำดับเฟส
6. ต่อวงจร Circuit Breaker แบบมี Coil Trip ร่วมกับ Phase Protection Relay และต่อวงจรของ Voltmeter ร่วมกับ Voltmeter Selector Switch
7. อาจารย์ผู้สอนทำการตรวจสอบความถูกต้องของวงจร
8. ต่อระบบไฟฟ้า 3 Phase 380 Volt เข้าตู้จ่ายไฟหลัก โดยต่อผ่าน 3 Phase Voltage Regulator
9. ปรับ Voltage Regulator ไปยังตำแหน่งแรงดันสูงสุด สังเกตว่าจะมีไฟสัญญาณสีเขียวติดที่ตำแหน่ง ON ของ Phase Protector Relay แล้วให้ ON Main Circuit Breaker และ Circuit Breaker ย่อยทุกตัว
10. ปรับตั้ง %UV และ %UB ที่ 0%
11. สลับสายระบบไฟฟ้าที่จ่ายให้ตู้จ่ายไฟหลักทีละคู่ แล้วสังเกตการทำงานของ Circuit Breaker แบบมีและไม่มี Coil Trip บันทึกผลที่เกิดขึ้นจากการทดลองที่ตารางบันทึกผลที่ 7.7.1
12. เพิ่มการปรับตั้งค่า %UV และ %UB เป็น 5% และ 10% ไปเรื่อยๆ จนกว่าจะครบทุกค่าปรับตั้ง แล้วปฏิบัติตามข้อ 11

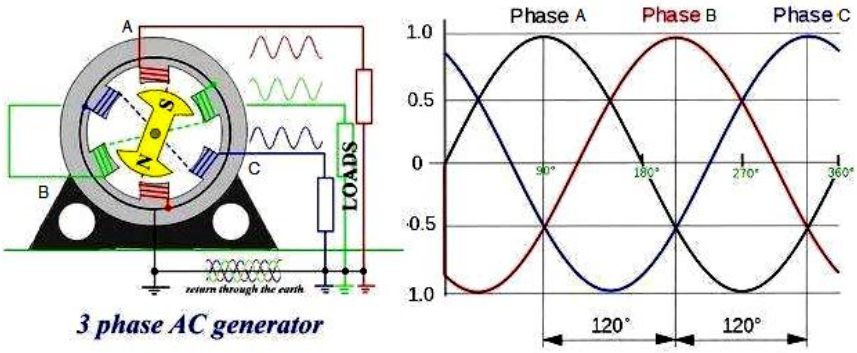
5. ทฤษฎีพื้นฐาน

5.1 ระบบไฟฟ้าไม่เรียงลำดับเฟส หรือสลับเฟส การตรวจสอบของการเรียงลำดับเฟสของแรงดันไฟฟ้า 3 เฟส (Three Phase Voltage) จะใช้เครื่องวัดลำดับเฟส (Phase Sequence Indicator) ดังรูปที่ 7.7.1 โดยสังเกตได้จากการติดสว่างของ LED หรือจากการหมุนของแผ่น Disc นอกจากนี้ เครื่องดังกล่าวยังสามารถใช้ประโยชน์ในการตรวจสอบเฟสของระบบไฟฟ้าในโรงงานเพื่อหาเฟส R, S, T ได้อีกด้วย โดยเครื่องวัดลำดับเฟสจะมีหลักการทำงานอยู่ 2 แบบ คือ แบบอาศัยการเหนี่ยวนำและแบบอาศัยหลอดไฟ เนื่องจากมุมในหนึ่งรอบมีค่าเป็น 360 องศา ดังนั้นการเรียงลำดับมุมเฟสของขดลวดทั้ง 3 ชุดเป็นไปได้ 2 วิธีด้วยกัน นั่นคือ ถ้าให้แหล่งจ่ายเฟส A เป็นแหล่งจ่ายอ้างอิงที่มีมุมเฟสเป็น

0° แล้ว ขดลวดเฟส B และ C สามารถสลับมุมเฟสกันได้ ทำให้เกิดการสร้างลำดับเฟส (phase sequence) หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า การหมุนของเฟส (phase rotation) ลำดับเฟสของแรงดันไฟฟ้า

รูปที่ 7.7.1 ตัวอย่างของ Phase Sequence Tester[1]

กระแสสลับ 3 เฟสนั้นมีอยู่ 2 แบบ คือ แบบลำดับเฟสบวก (Positive Phase Sequence) ซึ่งเฟสเซอร์แรงดันของขดลวดเฟส A ก็จะเป็น $V\angle 0^{\circ}$ ขดลวดเฟส B ก็จะเป็น $V\angle -120^{\circ}$ ขดลวดเฟส C ก็จะเป็น $V\angle 120^{\circ}$ และลำดับเฟสลบ (Negative Phase Sequence) ซึ่งเฟสเซอร์แรงดันของขดลวดเฟส A ก็จะเป็น $V\angle 0^{\circ}$ ขดลวดเฟส B ก็จะเป็น $V\angle 120^{\circ}$ ขดลวดเฟส C ก็จะเป็น $V\angle -120^{\circ}$



รูปที่ 7.7.2 3 Phase Generator[2]

ความสำคัญของลำดับเฟส คือ การ ต่อขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator) ซึ่งเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 3 เฟสจะประกอบไปด้วยขดลวด 3 ชุด เคลื่อนที่ตัดสนามแม่เหล็กซึ่งทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมขดลวด aa', bb' และ cc' ซึ่งถ้าขดลวดมีลักษณะเหมือนกันทุกประการจะได้แรงดันไฟฟ้าเท่ากัน แต่ค่าสูงสุดจะเกิดคนละเวลากัน หรือจะมีมุมเฟสต่างกันนั่นเอง ดังรูปที่ 7.7.2 ถ้า Rotor หมุนเคลื่อนที่ทวนเข็มนาฬิกา รูปคลื่นของแรงดันไฟฟ้า Phase A จะถึงค่าพีคด้านบวกก่อน Phase B และตามด้วย Phase

[1] สืบค้นเมื่อ 30/10/58 http://www.bloggang.com/mainblog.php?id=kanichikoong&month=20-06-2015&group=27&gblog=13

[2] สืบค้นเมื่อ 30/10/58 http://share.psu.ac.th/blog/scifile-edu/36567

C ซึ่งภายใต้เงื่อนไขดังกล่าวเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีการเรียงลำดับเฟสแบบ ABC แต่ถ้า Rotor หมุนเคลื่อนที่ตามเข็มนาฬิกา รูปคลื่นของแรงดันไฟฟ้า Phase A จะถึงค่าพีคด้านบวกก่อน Phase C และตามด้วย Phase B ซึ่งภายใต้เงื่อนไขดังกล่าวเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีการเรียงลำดับเฟสแบบ ACB หรือ CBA

5.2 ผลกระทบจากระบบไฟฟ้าไม่เรียงลำดับเฟส หรือสลับเฟส การติดตั้งระบบไฟฟ้าจะต้องตรวจสอบให้มีการเรียงลำดับเฟสที่ถูกต้อง ดังรูปที่ 7.7.3 มิเช่นนั้นแล้วจะทำให้เกิดความเสียหายตามมาได้ ในที่นี้จะขอยกตัวอย่างของผลกระทบที่เกิดขึ้นกับอุปกรณ์ไฟฟ้า ดังนี้

5.2.1 ผลกระทบที่เกิดขึ้นกับมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส ซึ่งเราคงจะทราบกันอยู่แล้วว่ามอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส สามารถให้มันทำงานแบบกลับทางหมุนได้ เพียงแค่การสลับสายเฟสที่จ่ายเข้ามอเตอร์ ซึ่งในสามเฟสนั้นไม่ว่าจะสลับเฟสใดก็ตามเพียงแค่คู่เดียว มอเตอร์ก็จะหมุนกลับทางได้ทันที

รูปที่ 7.7.3 การวัดลำดับเฟส[3]

5.2.2 ผลกระทบที่เกิดขึ้นกับคอมเพรสเซอร์ของเครื่องปรับอากาศ การต่อสายไฟเข้าสลับเฟส ในกรณีของมอเตอร์คอมเพรสเซอร์เครื่องปรับอากาศที่ใช้งานกับระบบไฟฟ้า 3 เฟส 3 สาย 380 โวลต์ เมื่อจ่ายไฟให้คอมเพรสเซอร์ทำงานผลลัพธ์ที่ได้นั้นจะแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับประเภทของคอมเพรสเซอร์ตัวนั้นว่าเป็นคอมเพรสเซอร์แบบใด ระหว่าง คอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบ, แบบโรตารี่ หรือแบบสโครล สำหรับคอมเพรสเซอร์แบบปิดสนิท (Hermetic Compressor) ที่ใช้งานกันอยู่ในเครื่องปรับอากาศ หากเป็นกรณีที่คอมเพรสเซอร์ตัวนั้นขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส (3 Phase 380V) การต่อสายไฟสลับเฟสย่อมมีผลทำให้ทิศทางการหมุนของมอเตอร์ สลับหมุนกลับไปในทิศทางตรงกันข้ามเช่นกัน

1) กรณีที่เป็นคอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบ (Reciprocating Compressor) ที่ใช้กับระบบไฟ 3 เฟส หากมีการต่อสายไฟสลับเฟส แม้ว่ามอเตอร์คอมเพรสเซอร์จะหมุนกลับทาง แต่ก็ไม่เกิดปัญหาใดๆ เนื่องจากคอมเพรสเซอร์ยังคงสามารถทำงานได้ตามปกติ เพราะลักษณะกลไกภายในของ

[3] สืบค้นเมื่อ 30/10/58 http://www.bloggang.com/mainblog.php?id=kanichikoong&month=20-06-2015&group=27&gblog=13

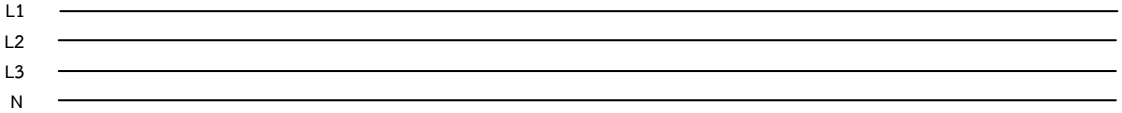
คอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบนั้น ตัวมอเตอร์ที่เปรียบเหมือนต้นกำลังจะทำหน้าที่ขับเคลื่อนข้อเหวี่ยงของลูกสูบ ซึ่งการหมุนของข้อเหวี่ยงไม่ว่าจะหมุนในทิศทางใดลูกสูบก็ยังคงเคลื่อนที่ขึ้นลงได้ตามปกติ

2) กรณีที่เป็นคอมเพรสเซอร์ แบบโรตารี่ (Rotary Compressor) ที่ใช้กับระบบไฟ 3 เฟส หากมีการต่อสายไฟสลับเฟสมอเตอร์คอมเพรสเซอร์ก็จะหมุนกลับทาง ซึ่งการหมุนกลับทางในกรณีของคอมเพรสเซอร์โรตารี่นั้น จะมีผลให้ระบบเครื่องปรับอากาศทำงานผิดปกติ เครื่องปรับอากาศไม่เย็น วัดแรงดันของน้ำยาดูก็จะเห็นความผิดปกติ

3) กรณีที่เป็นคอมเพรสเซอร์ แบบสโครล (Scroll Compressor) ที่ใช้กับระบบไฟ 3 เฟส หากมีการต่อสายไฟสลับเฟสมอเตอร์คอมเพรสเซอร์ก็จะหมุนกลับทาง ในกรณีของคอมเพรสเซอร์แบบสโครลนั้นหากหมุนกลับทางก็จะมีเสียงดังผิดปกติเกิดขึ้นในขณะที่ทำงาน และเครื่องปรับอากาศก็ไม่สามารถทำความเย็นได้เหมือนเช่นที่เคย ซึ่งเมื่อวัดค่าแรงดันน้ำยาดูก็จะเห็นความผิดปกติ รวมทั้งหากวัดกระแสไฟฟ้าที่คอมเพรสเซอร์ ก็จะพบว่าอัตราการกินกระแสน้อยกว่าค่าที่แสดงไว้บนแผ่นป้าย (Name Plate) มากจนผิดสังเกต แม้ว่าการต่อสายไฟสลับเฟส สำหรับกรณีคอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบที่ใช้งานกับระบบไฟฟ้า 3 เฟส 380 โวลต์ จะไม่ค่อยมีปัญหา และคอมเพรสเซอร์ก็อาจจะยังคงทำงานได้อยู่แม่ถูกสลับเฟส แต่ทางที่ดีที่สุดควรจะต่อสายไฟให้เรียงลำดับเฟสให้ถูกต้องตรงตามที่ผู้ผลิตได้กำหนดไว้บนเทอร์มินอล ซึ่งการติดตั้งเครื่องใช้ไฟฟ้า หรืออุปกรณ์ไฟฟ้า ที่ใช้งานร่วมกับระบบไฟฟ้า 3 เฟส จะต้องมีความรอบคอบมากเป็นพิเศษ เพราะหากเกิดความผิดพลาดเพียงเล็กน้อย ความเสียหายที่เกิดก็อาจจะรุนแรงและมีมากกว่าระบบเฟสเดียว

6. ขั้นปฏิบัติการทดลอง

6.1 Diagram การต่อวงจรใช้งาน เขียน Diagram การต่อวงจรของ Circuit Breaker แบบมี Coil Trip ร่วมกับ Phase Protection Relay ในกรณีแรงดันไฟฟ้าไม่เรียงลำดับเฟส



6.2 การปรับตั้งค่าต่างๆ ของ Phase Protection Relay นำ Diagram จากข้อ 6.1 มาต่อวงจรในตู้จ่ายไฟหลัก เมื่อผ่านการตรวจสอบจากอาจารย์ผู้สอนแล้วให้จ่ายระบบไฟฟ้าเข้าตู้ หลังจากนั้นทำการปรับตั้งค่าต่างๆ ตามตารางแล้วบันทึกผลในตารางที่ 7.7.1

ตารางที่ 7.7.1 บันทึกผลที่เกิดขึ้นกับระบบไฟฟ้า

เฟสที่ทำการสลับ	ผลที่เกิดขึ้น	Phase Protection Relay	
		% UV	% UB
R-S S-T T-R			

หมายเหตุ ก่อนการสลับสายระหว่างเฟสทุกครั้งให้นำสายเฟสทุกเส้นกลับมาอยู่ในตำแหน่งเดิมก่อน หรือเรียงลำดับเฟสที่ถูกต้องก่อน แล้วจึงทำการสลับสายตามตาราง

6.3 จงตอบคำถามต่อไปนี้

6.3.1 แรงดันไฟฟ้าไม่เรียงลำดับเฟสหรือสลับเฟส คืออะไร เราจะทราบได้อย่างไรว่าระบบไฟฟ้าเกิดปัญหาในเรื่องของแรงดันไม่เรียงลำดับเฟส

แรงดันไฟฟ้าไม่เรียงลำดับเฟส คือ .....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

สิ่งที่บ่งบอกว่าเกิดปัญหาแรงดันไฟฟ้าไม่เรียงลำดับเฟส คือ .....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

6.3.2 ผลกระทบที่เกิดขึ้นจากแรงดันไฟฟ้าไม่เรียงลำดับเฟสเป็นเช่นไร มีวิธีการแก้ไขและป้องกันปัญหาดังกล่าวอย่างไรบ้าง

ผลกระทบที่เกิดกับระบบไฟฟ้าและอุปกรณ์ไฟฟ้า คือ .....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

วิธีการป้องกันและแก้ไขปัญหา คือ .....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

6.4 สรุปผลการปฏิบัติใบงานที่ 7.7

6.4.1 ผลที่เกิดขึ้นเมื่อจ่ายระบบไฟฟ้าเข้าตู้จ่ายไฟหลัก .....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

6.4.2 ความรู้ที่ได้จากการปฏิบัติ .....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

6.4.3 ปัญหาและการแก้ไข .....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ใบงานที่ 7.8

เรื่อง การติดตั้ง Main Circuit Breaker, Bus bar และเชื่อมต่อวงจร

วิชา การติดตั้งไฟฟ้า 1 รหัสวิชา 3104-2001 **ระดับ** ปวส. แผนกช่างไฟฟ้ากำลัง

---

1. จุดประสงค์ทั่วไป

เพื่อให้มีความรู้เกี่ยวกับการติดตั้ง Main Circuit Breaker, Bus bar และเชื่อมต่อวงจร

2. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. ใช้เครื่องมือสำหรับการติดตั้ง Main Circuit Breaker และ Branch Circuit Breaker ตาม Diagram การต่อวงจรของตู้จ่ายไฟหลักได้อย่างถูกต้อง
2. ใช้เครื่องมือสำหรับการติดตั้ง Bus Bar ได้อย่างถูกต้อง
3. เชื่อมต่อวงจรระหว่าง Main Circuit Breaker กับ Bus bar และ Branch Circuit Breaker กับ Bus bar ได้อย่างถูกต้อง

3. เครื่องมือและอุปกรณ์

1.	Main Distribution Board	จำนวน 1 ตู้
2.	Circuit Breaker 50 AT/50 AF แบบมี Coil Trip	จำนวน 1 ตัว
3.	Circuit Breaker แบบไม่มี Coil Trip	จำนวน 4 ตัว
4.	Bus Bar	จำนวน 1 ชุด
5.	สว่านไฟฟ้าพร้อมดอกเจาะเหล็ก	จำนวน 1 ชุด
6.	น็อตยึดบัสบาร์เบอร์ 10 ยาว 3/4 นิ้ว	จำนวน 15 ตัว
7.	ประแจแหวนเบอร์ 10	จำนวน 2 ตัว

4. ลำดับขั้นการปฏิบัติงาน

1. ศึกษาจุดประสงค์ทั่วไปและจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
2. ศึกษาทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับใบงานที่ 7.8
3. ใช้เครื่องมือสำหรับการติดตั้ง Main Circuit Breaker และ Branch Circuit Breaker ตาม Diagram การต่อวงจรของตู้จ่ายไฟหลัก
4. ใช้เครื่องมือสำหรับการติดตั้ง Bus bar
5. เชื่อมต่อวงจรระหว่าง Main Circuit Breaker กับ Bus bar และ Branch Circuit Breaker กับ Bus bar ตาม Diagram การต่อวงจรของตู้จ่ายไฟหลัก

5. ทฤษฎีพื้นฐาน

Circuit Breaker และ Bus Bar ถือว่าเป็นอุปกรณ์หลักของตู้จ่ายไฟหลัก อุปกรณ์หลักที่ใช้ติดตั้งภายในตู้จ่ายไฟหลักจะต้องได้มาจากการคำนวณระบบไฟฟ้าดังข้อมูลที่ได้กล่าวมาแล้วในเนื้อหาที่ผ่านมา เนื่องจากว่าการคำนวณระบบไฟฟ้านั้นหมายถึงการคำนวณค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์ไฟฟ้า เครื่องใช้ไฟฟ้า หรือที่เรียกว่าโหลดระบบไฟฟ้า ในใบงานนี้นอกจากจะกล่าวถึงการติดตั้ง Main Circuit Breaker และ Bus Bar แล้วยังจะมีการติดตั้งบัสบาร์หรือสายเชื่อมต่อวงจรระหว่าง Main Circuit Breaker และ Bus Bar ด้วย นอกจากนี้ก็ยังจะมีการติดตั้ง Circuit Breaker ย่อยทั้งหมดในตู้จ่ายไฟหลัก

5.1 Circuit Breaker เซอร์กิตเบรกเกอณ์ที่ติดตั้งจ่ายไฟหลักจะแบ่งกันทำหน้าที่อยู่ 2 อย่าง คือ ทำหน้าที่เป็นเซอร์กิตเบรกเกอร์ประธาน (Main Circuit Breaker) และเซอร์กิตเบรกเกอร์ย่อย (Branch Circuit Breaker) ที่ทำหน้าที่จ่ายระบบไฟฟ้าต่อไปยังส่วนต่างๆ ของอาคาร ตู้จ่ายไฟหลักหรือตู้สวิตช์บอร์ด (MDB : Main Distribution Board) เป็นแผงจ่ายไฟฟ้าขนาดใหญ่ที่นิยมใช้ในอาคารขนาดกลางจนถึงขนาดใหญ่ ไปจนถึงโรงงานอุตสาหกรรมที่มีการใช้ไฟฟ้าจำนวนมาก โดยรับไฟจากการไฟฟ้าหรือด้านแรงต่ำของหม้อแปลงจำหน่าย แล้วจ่ายโหลดไปยังแผงย่อยตามส่วนต่างๆ ของอาคาร ตู้จ่ายไฟหลักส่วนมากจะมีขนาดใหญ่จึงมักวางบนพื้น มีหลายแบบให้เลือกใช้ขึ้นอยู่กับบริษัทผู้ผลิต ทั้งนี้ควรพิจารณาจากระดับแรงดัน พิกัดกระแส และพิกัดกระแสลัดวงจรด้วย การติดตั้ง Main Circuit Breaker, Branch Circuit Breaker และ Bus Bar ดังรูปที่ 7.8.1 ส่วนประกอบหลักของตู้จ่ายไฟหลักก็จะประกอบไปด้วย โครงตู้ (Enclosure), บัสบาร์ (Bus Bar), เซอร์กิตเบรกเกอร์ (Circuit Breaker), เครื่องวัดไฟฟ้า (Meter), อุปกรณ์ประกอบ (Accessories)

โครงตู้สวิตช์บอร์ด (Enclosure) ทำมาจากแผ่นโลหะประกอบเป็นโครงตู้ ซึ่งอาจเปิดได้เฉพาะด้านหน้าหรือเปิดได้ทุกด้านขึ้นอยู่กับการออกแบบโดยมีคุณสมบัติที่สำคัญ คือ

1. คุณสมบัติทางกล คือรับแรงทางกลจากภายนอกได้เพียงพอต่อการใช้งาน ทั้งภาวะปกติ และไม่ปกติได้

2. คุณสมบัติทางความร้อน คือทนความร้อนจากสภาพแวดล้อม ความผิดปกติในระบบและอาร์ก จากการลัดวงจรได้

3. คุณสมบัติต่อการกัดกร่อน คือสามารถทนการกัดกร่อนจากความชื้นและสารเคมีได้ นอกจากนี้โครงตู้ยังทำหน้าที่ป้องกันอันตรายต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้นได้ คือ ป้องกันไม่ให้ผู้อยู่ใกล้สวิทช์บอร์ดสัมผัสถูกส่วนที่มีไฟ ป้องกันอุปกรณ์ภายในตู้จากสิ่งต่างๆ ภายนอกเช่น น้ำ วัตถุแข็ง สัตว์เลื้อยคลาน เป็นต้น และป้องกันอันตรายจากการอาร์กที่รุนแรงจนชิ้นส่วนอุปกรณ์อาจหลุดกระเด็นออกมา

รูปที่ 7.8.1 การติดตั้ง Main Circuit Breaker, Branch Circuit Breaker และ Bus Bar[1]

เซอร์กิตเบรกเกอร์สำหรับตู้จ่ายไฟหลักหรือตู้สวิตช์บอร์ด เบรกเกอร์ที่ใช้ทั่วไป มี 2 แบบ คือ Air Circuit Breaker ใช้เป็นเซอร์กิตเบรกเกอร์ประธานในวงจรที่ใช้กระแสสูง และ Mold Case Circuit Breaker ใช้กับวงจรย่อยหรือใช้เป็นเซอร์กิตเบรกเกอร์ประธานในตู้จ่ายไฟหลักที่มีขนาดเล็ก ทั้งนี้การเลือกเซอร์กิตเบรกเกอร์ควรพิจารณาขนาดความกว้าง ยาว สูง เพื่อให้ติดตั้งในตู้ได้อย่างเหมาะสมสวยงาม รวมทั้งการพิจารณาค่ากระแส IC และรวมไปถึงการจัด Co-ordination ด้วย

5.2 BUS BAR บัสบาร์มีทั้งชนิดที่ตัวนำทำด้วยทองแดงและอลูมิเนียม รูปร่างของบัสบาร์ที่นิยมใช้กันทั่วไปเป็นแบบ Flat คือ มีพื้นที่หน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า เนื่องจากติดตั้งง่าย ระบายความร้อนได้ดี แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ บัสบาร์แบบเปลือย และบัสบาร์แบบทาสี

5.2.1 ข้อแนะนำในการใช้บัสบาร์ ดังนี้

1) บัสบาร์ควรวางในแนวดิ่งจึงจะระบายความร้อนได้ดี

2) บัสบาร์แบบ Flat ควรขนานกันไม่เกิน 4 แท่ง ถ้ามากกว่านี้จะมีปัญหาเรื่อง Skin Effect

3) บัสบาร์แบบทาสี สีที่ใช้ทาเคลือบบัสบาร์ควรมีสัมประสิทธิ์การระบายความร้อนสูง

4) บัสบาร์แบบทาสีนำกระแสได้สูงกว่าบัสบาร์แบบเปลือย

5) กำหนดให้ใช้ตามมาตรฐานสายไฟฟ้าของ วสท.

6) การเรียงเฟสในตู้จ่ายไฟหลัก R, Y, B หรือ R, S, T ให้เรียงจากด้านหน้าไปยังด้านหลังตู้ จากบนลงล่าง หรือจากซ้ายไปขวา

[1] สืบค้นเมื่อ 30/10/58 http://www.chiangraifocus.com/forums/index.php?topic=414804.0

7) การเรียงเฟสลักษณะอื่นอนุญาตเฉพาะการเชื่อมต่อกับระบบที่มีอยู่แล้ว แต่ต้องทำเครื่องหมาย ให้เห็นชัดเจน

บัสบาร์จะเป็นจุดรวมของวงจรจำนวนมาก โดยจุดรวมของวงจรนั้นวงจรไฟฟ้าจ่ายไฟฟ้าเข้าวงจรน้อย และวงจรไฟฟ้าที่จ่ายไฟฟ้าออกจำนวนมาก เพราะจะต้องรับและทำการจ่ายกระแสไฟฟ้าปริมาณมาก ทำให้เกิดแรงแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Force) ในการเลือกใช้ BUS BAR ก็ต้องสามารถทนแรงเหล่านี้ได้ วัสดุที่นำมาใช้ผลิตต้องมีคุณสมบัติทางไฟฟ้า และทางกลที่เหมาะสม โลหะที่จะนำมาใช้เป็นบัสบาร์ควรมีคุณสมบัติดังนี้ มีความต้านทานต่ำ มีความแข็งแรงทางกลสูงในด้านแรงดึง แรงอัดและแรงฉีก มีความต้านทานต่อ Fatigue Failure สูง มีความต้านทานของ Surface Film ต่ำ มีการตัดต่อหรือดัดทำได้สะดวก และมีความต้านทานต่อการกัดกร่อนสูง

5.2.2 ข้อแนะนำเกี่ยวกับการติดตั้งบัสบาร์ การต่อที่บัสบาร์ทองแดงสามารถทำได้โดยการใช้น็อต (Bolting) การจับยึด (Clamping) การใช้หมุด (Riveting) การบัดกรี (Soldering) หรือการเชื่อม (Welding) แล้วแต่ความเหมาะสม

1) การต่อจุดต่อด้วยการเชื่อมบัสบาร์ทองแดงมีข้อดี คือ กระแสไฟฟ้าไหลสม่ำเสมอ ทำให้ความสามารถในการนำกระแสไม่เปลี่ยนแปลงเนื่องจากจุดต่อเป็นตัวนำทองแดง

2) การใช้น็อตเป็นวิธีที่กระชับและเชื่อถือได้แต่มีข้อเสียคือต้องเจาะรูลงไปในบาร์เพื่อใส่น็อต จะทำให้เกิดความผิดเพี้ยนในเส้นทางการนำกระแสจุดต่อแบบนี้จะทำให้เกิดแรงที่จุดสัมผัสไม่สม่ำเสมอมากกว่าการใช้แผ่นจับยึด

3) การใช้ตัวจับยึด สามารถทำได้ง่ายโดยพื้นที่หน้าตัดไม่เสียหาย มวลที่เพิ่มขึ้นจะช่วยในการระบายความร้อนที่จุดต่อ และการออกแบบตัวจับยึดที่ดีจะทำให้เกิดแรงแบบสม่ำเสมอที่จุดสัมผัส ข้อดีอื่นๆ คือง่ายต่อการติดตั้งส่วนข้อเสียคือมีราคาแพง

6) การใช้หมุดยึดจะทำให้มีประสิทธิภาพสูง แต่มีข้อเสียคือถอดหรือทำให้แน่นได้ยากและการติดตั้งทำไม่สะดวก

7) การบัดกรีวิธีนี้จะใช้น้อยมากสำหรับบัสบาร์ นอกจากการต้องเสริมด้วยน็อตหรือตัวจับยึดเพื่อความแข็งแรง เนื่องจากความร้อนจากการลัดวงจรจะทำให้เกิดสภาพทางไฟฟ้าและทางกลไม่ดี

6. ขั้นปฏิบัติการทดลอง

6.1 วาด Diagram การติดตั้ง Bus Bar

6.2 วาด Diagram การติดตั้ง Main Circuit Breaker และ Branch Circuit Breaker

6.3 วาด Diagram การเชื่อมต่อวงจร Main Circuit Breaker และ Branch Circuit Breaker กับ Bus Bar

6.4 สรุปผลการปฏิบัติใบงานที่ 7.8

6.4.1 ความรู้ที่ได้จากการปฏิบัติ .....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

6.4.2 ปัญหาและการแก้ไข .....

.....

.....

.....

.....