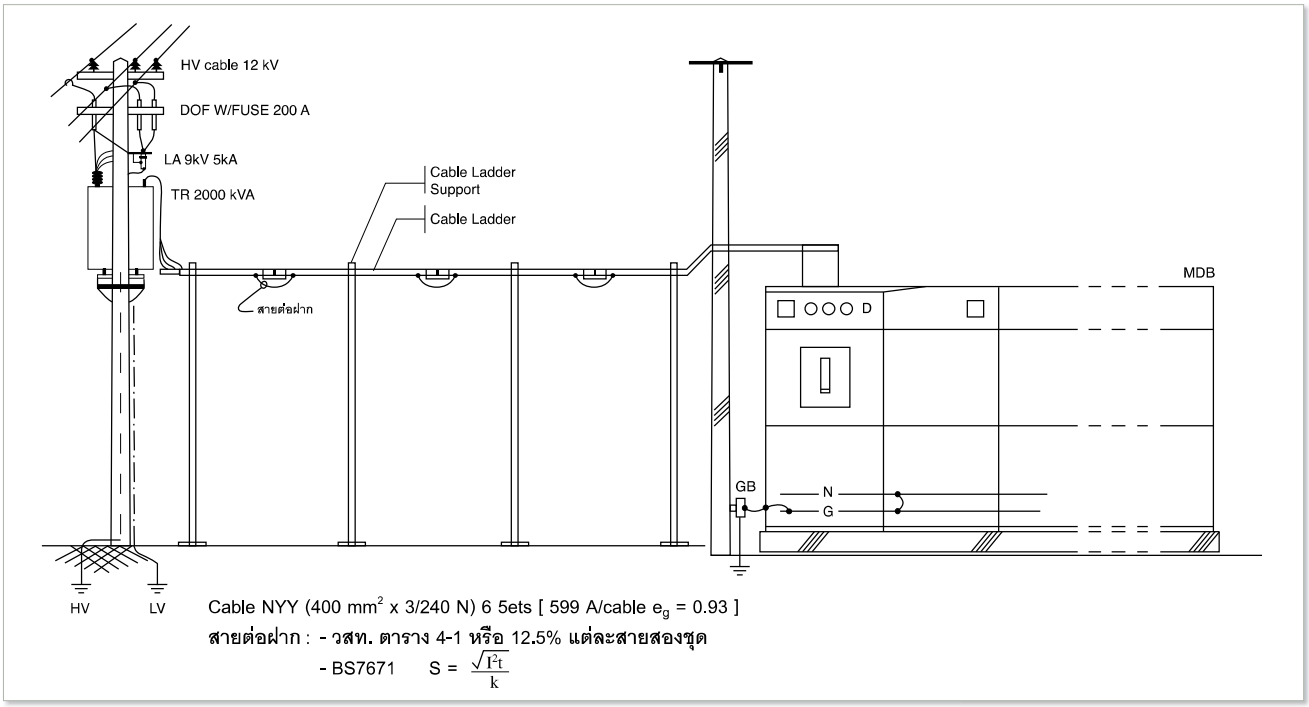
คุณสุวิทย์ ศรีสุข

ขอเล่าเท่าที่รู้...เรื่องสายต่อฝาก

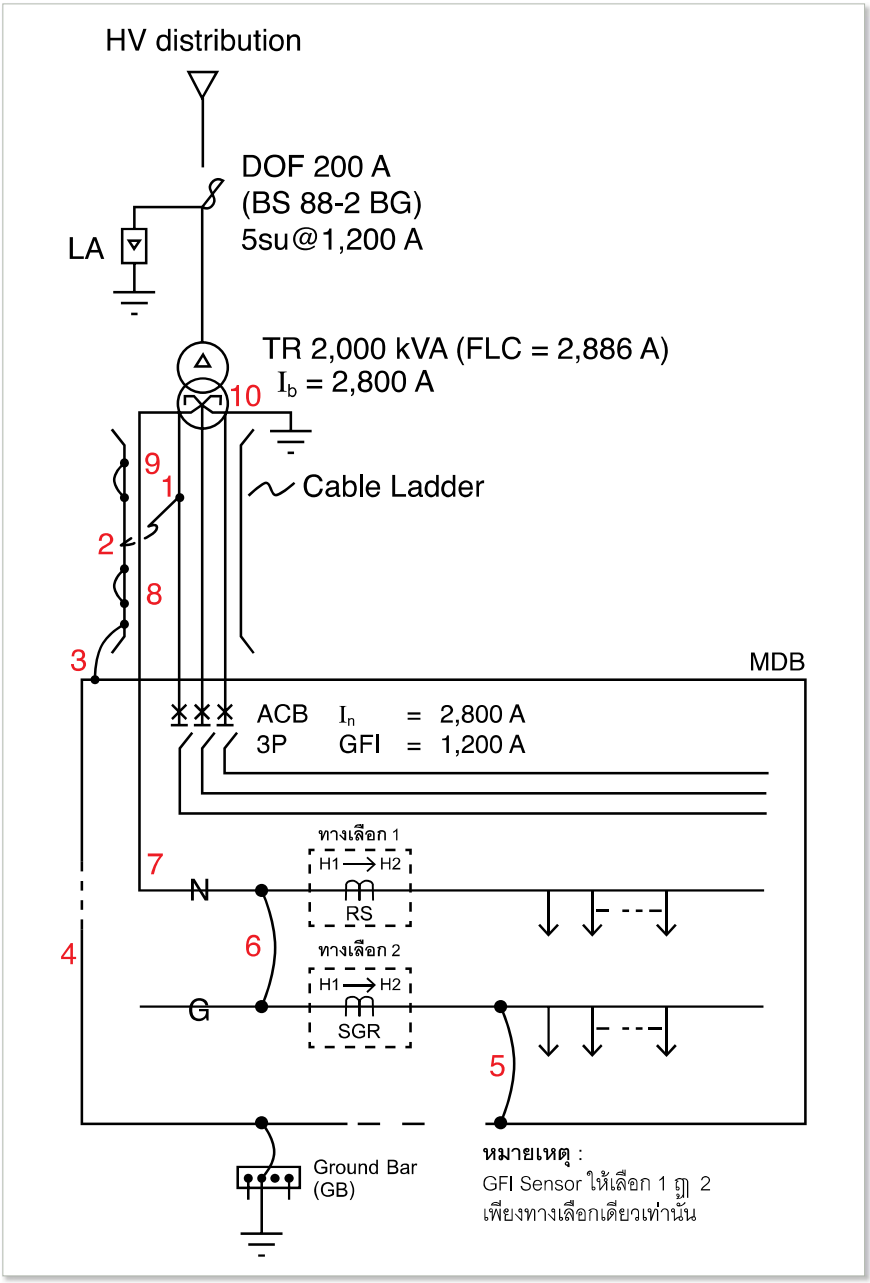
แนวทางอ้างอิง วสท. (thai electrical code 2013) และ BS7671:2018 (requirement for electrical installation)

ความเป็นมาของงานเขียนนี้เกิดจากคำถามข้อสงสัยที่ว่า cable ladder ที่รับสายแรงต่ำจากหม้อแปลงไฟฟ้าไปยังตู้เมนไฟฟ้าหลักของโครงการที่เรียกว่า Main Distribution Board ฤๅ MDB เมื่อต้องการติดตั้งสายต่อฝากระหว่างจุดต่อระหว่างรางเคเบิลมีวิธีหาขนาดได้อย่างไร ทำให้ต้องอ่านทวนอีกครั้งว่ามีรายละเอียดอะไรบ้าง เริ่มตั้งแต่ของไทยๆ ของเราคือ วสท. ภายหลังที่ได้คำนวณออกมาแล้วนำความต้องการเดียวกันนำมาคำนวณตาม BS7671 ว่า ผลการคำนวณจักแตกต่างกันฤๅไม่ สุดท้ายทำให้ได้เข้าใจแนวความคิดของข้อกำหนดตามมาตรฐาน ขอเชิญทุกท่านร่วมติดตามงานเขียนนี้ไปด้วยกันครับ

ขอเริ่มต้นด้วยการกำหนด single line diagram รับไฟฟ้าแรงสูงแปลงเป็นแรงต่ำด้วยหม้อแปลงไฟฟ้าขนาด 2,000 kVA เลือกขนาดสายไฟฟ้าชนิด NYY ขนาด 400 sq.mm. จำนวน 6 ชุดต่อเฟส กำหนดขนาดเครื่องป้องกัน air circuit breaker ขนาด 2800 แอมป์ สำหรับไฟฟ้าแรงต่ำพร้อมประกอบอุปกรณ์ปลดวงจรเมื่อมีกระแสลัดวงจรลงดิน (Ground Fault Interrupter : GFI) ขนาด 1,200 แอมป์ แลเลือกใช้ฟิวส์แรงสูงขนาด 200 แอมป์ เบื้องต้นใช้เอกสารอ้างอิงการทำงานของฟิวส์ด้วยมาตรฐาน BS 88-2 fuse system E and G ทำงานที่ค่า maximum operation time/current characteristics ที่เวลา 5 วินาที ทำงานที่ 1,2000 แอมป์ โดยภาพจำลองติดตั้งวงจรจำหน่ายไฟฟ้าในโครงการอ้างอิงดังรูปที่ 1 แลภาพไดอะแกรมวงจรจำหน่ายไฟฟ้าในโครงการอ้างอิงดังรูปที่ 2



รูปที่ 1 แสดงภาพจำลองติดตั้งวงจรจำหน่ายไฟฟ้าในโครงการอ้างอิง



รูปที่ 2 แสดงภาพไดอะแกรมวงจรจำหน่ายไฟฟ้าในโครงการอ้างอิง

เริ่มการเรียนรู้ขอเริ่มที่หนังสือของ **วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์** ฤ **วสท. มาตรฐานการติดตั้งไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ.** 2556 (Thai Electrical Code 2013) **ฉบับพิมพ์ครั้งที่** 1 **พฤศจิกายน** 2556 **หัวข้อ** 4.15 **การต่อฝาก** 4.15.1 การต่อฝากที่บริภัณฑ์ ประธาน ก) ...รางเคเบิล... 4.15.6 สายต่อฝากลงดิน และสายต่อฝากของบริภัณฑ์ไฟฟ้า ค) สายต่อฝาก...มีข้อความดังแสดงในรูปที่ 3

4.15.6 สายต่อฝากลงดิน และสายต่อฝากของบริภัณฑ์ไฟฟ้า

ก) สายต่อฝากลงดิน และสายต่อฝากของบริภัณฑ์ไฟฟ้าต้องเป็นชนิดตัวนำทองแดง

ข) สายต่อฝากลงดิน และสายต่อฝากของบริภัณฑ์ไฟฟ้าต้องติดตั้งตามที่ได้กำหนดไว้ในข้อ 4.22 เมื่อเป็นสายต่อลงดินของวงจรหรือบริภัณฑ์ไฟฟ้า และข้อ 4.24 เมื่อเป็นสายต่อหลักดิน

ค) สายต่อฝากของบริภัณฑ์ไฟฟ้าทางด้านไฟเข้าของบริภัณฑ์ประธานและสายต่อฝากลงดิน ต้องมีขนาดไม่เล็กกว่าขนาดของสายต่อหลักดินที่ได้กำหนดไว้ในตารางที่ 4-1 ถ้าสายเส้นไฟของตัวนำประธานมีขนาดใหญ่กว่าที่กำหนดไว้ในตารางที่ 4-1 ให้ใช้สายต่อฝากขนาดไม่เล็กกว่าร้อยละ 12.5 ของตัวนำประธานขนาดใหญ่ที่สุดถ้าใช้ตัวนำประธานเดินในท่อสาย หรือเป็นสายเคเบิลมากกว่า 1 ชุดขนานกัน แต่ละท่อสายหรือสายเคเบิลให้ใช้สายต่อฝากที่มีขนาดไม่เล็กกว่าที่ได้กำหนดไว้ในตารางดังกล่าวโดยคำนวณจากขนาดของสายในแต่ละท่อสายหรือสายเคเบิล

ง) สายต่อฝากของบริภัณฑ์ไฟฟ้าด้านไฟออกของบริภัณฑ์ประธานต้องมีขนาดไม่เล็กกว่าขนาดของสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้าที่ได้กำหนดไว้ในตารางที่ 4-2

● *รูปที่ 3 แสดงข้อความที่มาตรฐาน วสท. กำหนดในหัวข้อ 4.15.6 (ค)*

เราขอเริ่มการวิเคราะห์นำมาใช้งานหาขนาดสายต่อฝาก มาตรฐานกำหนดไว้ *"ต้องมีขนาดไม่เล็กกว่าขนาดของสายต่อหลักดินที่กำหนดไว้ในตารางที่ 4-1"* ซึ่งตารางดังกล่าวได้นำมาแสดงไว้แล้วในรูปที่ 4

ตารางที่ 4-1
ขนาดต่ำสุดของสายต่อหลักดินของระบบไฟฟ้ากระแสสลับ

ขนาดตัวนำประธาน (ตัวนำทองแดง) (ตร.มม.)	ขนาดต่ำสุดของสายต่อหลักดิน (ตัวนำทองแดง) (ตร.มม.)
ไม่เกิน 35	10*
เกิน 35 แต่ไม่เกิน 50	16
เกิน 50 แต่ไม่เกิน 95	25
เกิน 95 แต่ไม่เกิน 185	35
เกิน 185 แต่ไม่เกิน 300	50
เกิน 300 แต่ไม่เกิน 500	70
เกิน 500	95

*หมายเหตุ * แนะนำให้ติดตั้งในท่อโลหะหนา ท่อโลหะหนาปานกลาง ท่อโลหะบาง หรือท่ออโลหะ และการติดตั้งสอดคล้องตามข้อ 5.4 และ 5.8*

● *รูปที่ 4 แสดงตารางที่ 4-1 ขนาดสายต่ำสุดของสายต่อหลักดินของระบบไฟฟ้ากระแสสลับ*

ในกรณีที่ตัวนำประธานมีขนาดใหญ่กว่าที่กำหนดไว้ในตารางที่ 4-1 ให้ใช้สายต่อฝากขนาดไม่เล็กกว่าร้อยละ 12.5 ของตัวนำประธานขนาดใหญ่ที่สุด ในที่นี้หมายถึงแต่ละขนาดให้คำนวณจากขนาดสูงสุดในแต่ละแถว คราวนี้มาพิจารณากรณีที่สายเคเบิลมากกว่า 1 ชุดขนานกันในมาตรฐาน วสท.กำหนดให้ใช้สายต่อฝากที่มีขนาดไม่เล็กกว่าที่กำหนดไว้ข้างต้น *"โดยคำนวณจากขนาดของสายในแต่ละท่อสายหรือสายเคเบิล"* ในที่นี้ผู้เขียนตีความว่า แม้นสายเคเบิลจักติดตั้งใน cable ladder ก็ยังคงใช้อ้างอิงจากสายเพียงชุดเดียว มิใช่รวมพื้นที่หน้าตัดของสายในเฟสเดียวกันทั้งหมด ดังตัวอย่างข้างต้นที่ขนาดสายต่อเฟสแม้นจักมีถึง 6 ชุดของสาย NYY ขนาด 400 sq.mm. เราก็จักใช้สายเพียงเส้นเดียวมาคำนวณในที่นี้คือเลือกขนาดสายจากตาราง 4-1 ได้ขนากสายต่อฝากขนาด 70 sq.mm. แต่หากเราจักคำนวณขนาดสายต่อฝากด้วยสูตรการคำนวณ 12.5 % ได้เป็น 500 x 12.5 / 100 ได้ค่าเท่ากับ 62.5 sq.mm. ผลได้ยังคงเลือกสายขนาด 70 sq.mm.

แลเพื่อเป็นการยืนยันว่า สิ่งที่นำเสนอนี้เป็นเพียงการตีความตัวหนังสือที่เอาแต่ใจตัวเองเท่านั้น ขอเริ่มต้นด้วยการทำความรู้จักกับแนวคิดการคำนวณหาขนาดสายดินของอุปกรณ์ตามอ้างอิงด้วย BS7671:2018 ซึ่งมีหลักการว่า สายดินจักต้องทนนำกระแสได้ตลอดเวลาในช่วงก่อนที่อุปกรณ์ป้องกันวงจรจักปลดวงจรที่เรียกว่า duration of protection ในที่นี้เป็นกรณีของวงจรที่มีขนาดเกิน 32 แอมป์ จึงต้องใช้เวลา 5 วินาที ส่วนขนาดกระแสในการปลดวงจรนั้นมีสองส่วนคือ ที่ฟิวส์แรงสูงที่ทำงานที่ 1,200 แอมป์ ตามมาตรฐานของฟิวส์อ้างอิง (มิได้นำภาพตารางมาแสดงด้วยข้อจำกัดด้านความเป็นเจ้าของภาพ) อีกส่วนหนึ่งที่สามารถทำหน้าที่ปลดวงจรได้คือ Ground Fault Interrupter : GFI ใน ACB ที่ตั้งไว้ด้วยค่าสูงสุดคือ 1,200 แอมป์ (ส่วน GFI ทำงานได้อย่างงั้นฤๅ คำถามนี้จักขอตอบในส่วนของงานเขียนนี้ในช่วงถัดๆ ไป) ตาม BS7671 มีสูตรคำนวณหาขนาดสายดิน ฤๅสายต่อฝาก (S) เท่ากับ sqrt(I^2*t)/k ในการหาค่า k เป็นค่าคงที่ที่อ้างอิงชนิดของตัวนำในที่นี้เป็นตัวนำทองแดง เลือกฉนวนที่มีค่า k ต่ำสุดของ thermoplastic อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ในที่นี้ใช้ค่าคงที่เท่ากับ 86 เมื่อได้ตัวเลขครบแล้วลองคำนวณได้เท่ากับ sqrt(1200^2*5)/86 เท่ากับ 31.2 sq.mm. ในที่นี้ควรเลือกสายดินขนาด 35 sq.mm. ดังนี้แล้วถ้าไม่มีความบกพร่องใดในการคำนวณนี้ก็แสดงให้เห็นว่า ขนาดสาย 70 sq.mm. นั้นมิได้เล็กเกินไปเลย อย่างไรแล้วหากมีผู้อ่านท่านใดพบข้อมูลที่แตกต่างสามารถนำมาเสนอได้ด้วยนะครับในช่องทางต่างๆ ที่เราจักสื่อสารกัน

สุดท้ายขอนำเสนอเรื่องสายตัวนำแรงต่ำจากหม้อแปลงไฟฟ้าจึงจักมาทำให้ air circuit breaker (ACB) ที่ตู้เมนไฟฟ้า MDB ได้อย่างไร อย่างแรกที่ต้องทราบคือเกิดขึ้นเมื่อใน ACB มี GFI ทำงานที่ 1,200 แอมป์ ขอให้ย้อนกลับไปดูรูปที่ 2 ประกอบ เมื่อเกิด ground fault ฤๅการลัดวงจรลงดินที่ตำแหน่งที่ 1 ไปยังตำแหน่งที่ 2 เดินผ่านเข้าตัวถังของตู้ MDB ที่จุด 3 ตามตัวถัง 4 มาที่จัด 5 ผ่าน sensor SGR (Source Ground Return) (ย้อนกลับไปอ่านการทำงานในงานเขียนฉบับย้อนไปหนึ่งฉบับ) ผ่านจุดที่ 6 แล้วผ่าน sensor RS (Residual sensing) (sensor ทั้งสองต้องเลือกให้เป็นอย่างใดอย่างหนึ่ง) ผ่านไปยังจุดที่ 7 แล้วย้อนไปที่จุด 8 9 แลจุดนิวทรัลของหม้อแปลงที่จุดที่ 10 ดังนี้แล้วจักเห็นได้ว่า การเกิดการลัดวงจรจำเพาะที่เป็นการลัดวงจรลงดินที่สายไฟฟ้าแรงต่ำก่อนถึงตู้ MDB จักทำให้ ACB ในตู้ MDB ปลดวงจรได้ ซึ่งการค้นพบนี้ประหลาด ขัดต่อความเข้าใจเดิมอย่างมากถึงมากที่สุด ฤๅมิใดต้องแก้ไข ผู้เขียนคงต้องหาแนวคิดอื่นประกอบให้มากขึ้น หากผู้อ่านได้ศึกษาแล้วพบข้อที่แตกต่างสามารถนำเสนอแลกเปลี่ยนกันได้ใน social media ที่มีใช้ในปัจจุบันได้ ขอขอบคุณทุกท่านผู้อ่านที่สนใจสื่อสารแลกเปลี่ยนกัน พบกันใหม่อีกครั้งในฉบับหน้าครับ...

แจ้งแก้ไขภาพประกอบ ฉบับที่ 3 ปีที่ 26 (พ.ย.62-ม.ค.63)

เรียน ท่านผู้อ่าน TEMCA Magazine

เนื่องจากเกิดข้อผิดพลาดของภาพประกอบบทความเรื่อง NFPA 70 : 2017 (NEC) : Ground Fault Interrupter (GFI)... IEC 60 364 : Ground Fault Protector (GFP) NFPA 70 : 2017 (NEC) : Ground Fault Interrupter (GFI)...IEC 60 364 : Ground Fault Protector (GFP) ในคอลัมน์ *"เล่าสู่กันฟัง"* ฉบับที่ 3 ปีที่ 26 เดือนพฤศจิกายน 2562-มกราคม 2563 ทางผู้เขียนได้ทำการแก้ไขภาพประกอบใหม่และเป็นที่ถูกต้องเรียบร้อยแล้ว โดยท่านสามารถเข้าไปอ่าน ได้ที่

https://www.temcathai.com/temca-magazine/

ทางผู้เขียนและคณะผู้จัดทำ TEMCA magazine ต้องขออภัยท่านผู้อ่านทุกท่านที่ติดตามผลงานของผู้เขียนโดยตลอดมา ณ ที่นี้

ส่วนตัวผู้เขียน

นายสุวิทย์ ศรีสุข *วิศวกรไฟฟ้า-ที่ปรึกษาอิสระ*

การศึกษา
- ปริญญาตรี-วิศวกรรมศาสตร์ ไฟฟ้ากำลัง สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าธนบุรี
- ปริญญาโท-วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม บางเขน

ประสบการณ์ • ทำงานกว่า 31 ปี งานด้านไฟฟ้ากำลัง