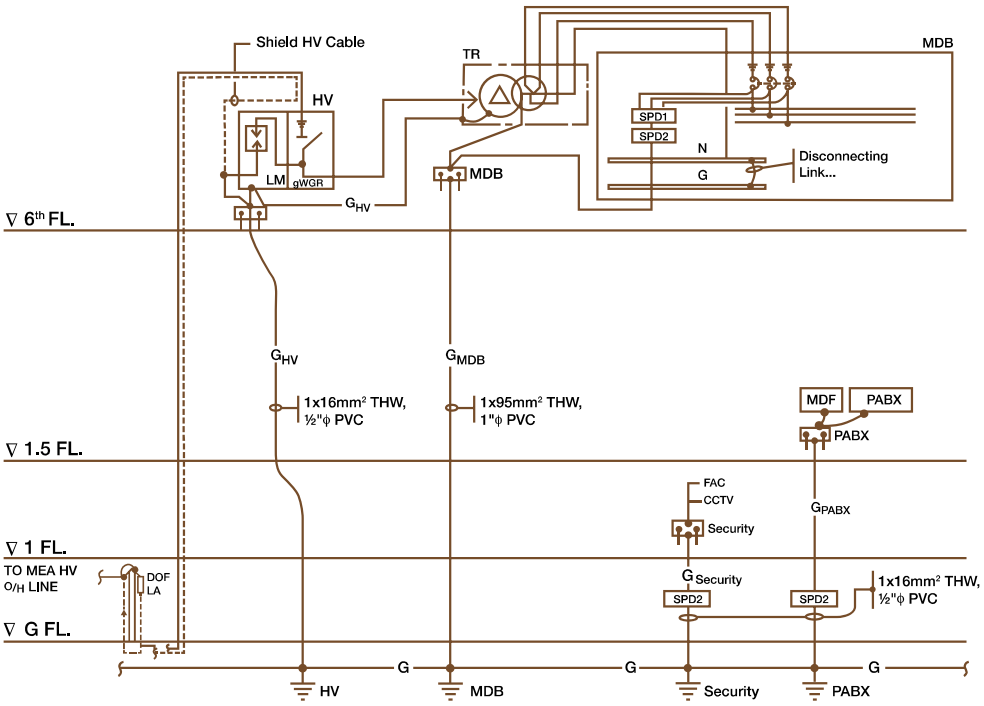
คุณสุวิทย์ ศรีสุข

เล่าเท่าที่รู้...
เรื่องสายดิน

ขอเล่าเท่าที่รู้ เรื่อง**สายดิน** ที่ใช้อ้างอิงทำงานมาเป็นเวลานานจนจักเรียกได้ว่า เป็นแขนซ้ายขวาในการทำงาน แรกที่ได้ยินเรื่องการเชื่อมโยงสายดินระหว่างแรงสูงและแรงต่ำตาม IEC ผู้เขียนพยายามทำความเข้าใจ ร่ำคิดคำโตว่าจักอธิบายเชิญชวนให้ทำเสียประดุจดั่งเข้าใจเสียนี่กระไร แต่แล้วความคิดนั้นก็เลือนไป ผู้เขียนพบความจริงเหมือนประหนึ่งว่า นี่คือทางเลือกที่ไม่สามารถเสนอวิธีเลือกได้ ผู้เขียนต้องเริ่มอย่างไรดี เอาอย่างงี้ละกันว่า ขอเสนอสิ่งที่ผู้เขียนเคยเขียนลงในแบบที่ออกแบบ นำเสนอดังแสดงในรูปที่ 1



Grounding System Riser Diagram

❑ *รูปที่ 1 แสดงรูปแบบการต่อลงดินของระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่แยกระหว่างแรงสูง และแรงต่ำ*

จากนี้ผู้เขียนได้นำเอกสารที่พอจักหาได้มาแปลเกือบจักเป็นตัวต่อตัวตามประสาที่ผู้เขียนพอทำได้ด้วยปรารถนายิ่งจักได้อ่านความต้องการแม้นเอกสารที่นำมาแปลนั้นไม่ใช่ตรงความที่ต้องการศึกษา แต่เป็นเอกสารอย่างเดียวที่เมื่อใช้เวลาสั้นๆ นำมาศึกษาได้เร็วที่สุด เอกสารนั้นคือ *"Code of practice for grid connected solar photovoltaic ตามมาตรฐาน BS7671:2018"* สิ่งที่เป็นจุดเริ่มต้นคือ เอกสารมาตรฐานการติดตั้งไฟฟ้าของ วสท. แลต่อไปนี้คือ เนื้อความแปลจากเอกสารที่อ้างอิงดังนี้

ร่างเนื้อหาเพื่อปรับปรุงบทที่ 5 หัวข้อ 5.17.5.7 ตามมาตรฐานติดตั้งไฟฟ้าของ วสท.ปรับปรุงครั้งที่ 2 (อนาคต)

เสนอในรูปผลงานแปลเรื่อง สายดินแรงต่ำ แรงสูง ต่อ ฤๅไม่ต่อถึงกันพิจารณาอะไรบ้าง

อ้างอิง *Code of practice for grid connected solar photovoltaic ตามมาตรฐาน BS7671:2018*

10.9.5 ระบบสายดินแรงต่ำร่วมกับแรงสูงที่สถานีจำหน่ายไฟฟ้า [1]

ระบบสายดินแรงต่ำจักต้องออกแบบ แลจัดให้เป็นไปตามเทคนิคแลเศรษฐศาสตร์อย่างเหมาะสมของ Earth terminal ที่จุดต่อแรงต่ำ (2)

< *i* > การร่วมกับการแยกสายดินระหว่างแรงสูงแลแรงต่ำ

การร่วมกันของระบบสายดินแรงต่ำแลแรงสูงทั่วๆ ไปแล้วต้องการให้ร่วมกัน แต่การแยกกันก็อาจทำได้เช่นกัน ขึ้นอยู่กับขนาดของ Earth Potential Rise (EPR) แลช่วงเวลาที่อุปกรณ์ป้องกันทำงานปลดวงจรขณะที่เกิดการลัดวงจร โดยแต่ละสถานีจำหน่ายไฟฟ้าจักมีแนวทางในการพิจารณาดังนี้

(a) Network operator (**ผู้จัดการเครือข่ายจำหน่ายระบบไฟฟ้าแรงต่ำ**) เลือกใช้ค่า Transfer Voltage Limit (TVL) ไม่เกิน 430 โวลต์ ให้ตัดสินใจแยกระบบสายดินระหว่างแรงสูงแลแรงต่ำสาธารณะ (public LV system) ออกจากกัน {แยกออกจากกัน}

(b) **ขีดจำกัดของแรงดันสัมผัส** (BS EN 50522 UK annex: NA4) แลช่วงเวลาที่อุปกรณ์ป้องกันทำงานปลดวงจรขณะที่เกิดการลัดวงจร (ไม่รวมถึงการป้องกันบุคคลที่ไม่เกี่ยวข้อง ฤๅไม่มีทักษะเข้ามาในพื้นที่) ให้ตัดสินใจแยกระบบสายดินระหว่างแรงสูงแลแรงต่ำออกจากกัน {แยกออกจากกัน}

ตีความของผู้แปล

(1): สถานีจำหน่ายไฟฟ้า หมายรวมถึงห้องไฟฟ้าหลักของโครงการที่รับไฟจากการไฟฟ้าด้วยแรงสูง (12 22 24 33 kV) จำหน่ายออกเป็นไฟฟ้าแรงต่ำ 230/400 โวลต์ (ฟังความถ่ายทอดจากผู้รู้ครูบาอาจารย์)

(2): earth terminal ที่จุดต่อแรงต่ำ หมายถึง main earth terminal (MET) (ผู้แปล)

(c) Network Operator กำหนดให้แรงต่ำเป็น TN-C เป็นวิธีจำหน่ายที่ใช้สายไฟฟ้าเพียงหนึ่งเส้นทำหน้าที่สายนิวทรัลและสายดินที่เรียกว่า Protective Multiple Earthing (PME) ที่สามารถยินยอมให้ค่า EPR สูงกว่าข้อกำหนดได้ แต่ต้องไม่เกินค่า TVL ให้ตัดสินใจแยกระบบสายดินระหว่างแรงสูงแลแรงต่ำสาธารณะ (public LV system) ออกจากกัน {แยกออกจากกัน}

...โดยทั่วไปในระบบนี้จักใช้ค่า multiplication factor = 2 *(ผู้เขียนยังสงสัย : ใช้งานที่ใด)* กับค่า TVL แล Time Limit โดยพิจารณาจากกราฟ Ur (volt) แล time of duration (ms) อ้างอิงตาม BS EN 50522 ดังแสดงในรูปที่ 2

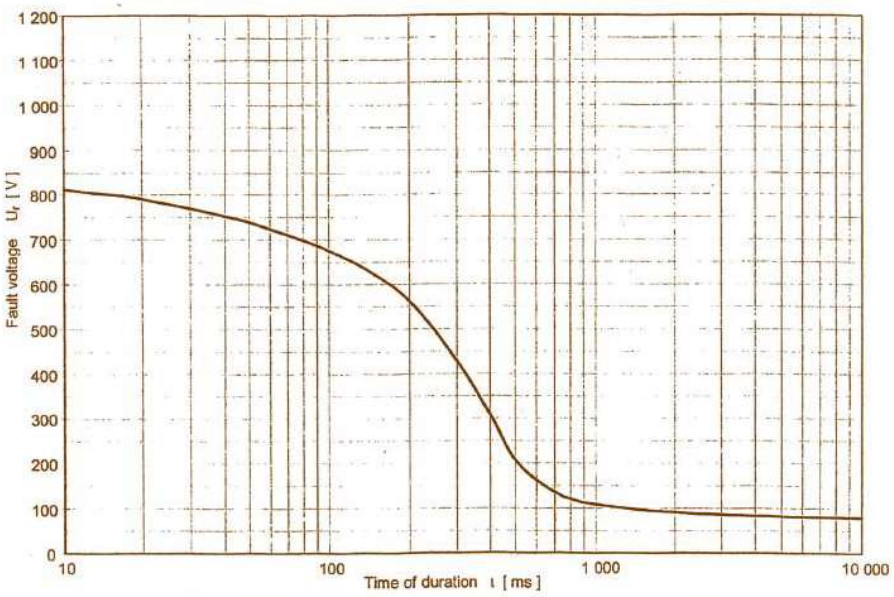
442.2.1 Magnitude and duration of power frequency fault voltage

The magnitude and duration of the fault voltage U_f, where specified in Table 44.1, which appears in the LV installation between exposed-conductive-parts and Earth shall not exceed the values given for U_f by the curve of Figure 44.2 for the duration of the fault. If the PEN conductor of the low voltage system is connected to Earth at more than one point it is permitted to double the value of U_f given in Figure 44.2.

Normally, the PEN conductor of the low voltage system is connected to Earth at more than one point. In this case, the total resistance is reduced. For these multiple earthed PEN conductors, U_f can be calculated as:

$$U_f = 0.5\ R_f.I_f$$

Fig 44.2 – Tolerable fault voltage due to an earth fault in the HV system



NOTE: The curve shown in Figure 44.2 is taken from IEC 61936-1. On the basis of probabilistic and statistical evidence this curve represents a low level of risk for the simple worst case where the low voltage system neutral conductor is earthed only at the transformer substation earthing arrangements. Guidance is provided in IEC 61936-1 concerning other situations.

❑ *รูปที่ 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Ur (volt) แล time of duration (ms) อ้างอิงตาม BS EN 50522*

(d) **ระบบจำหน่ายแรงต่ำที่เป็น TN-S ด้วยการมีจุดนิวทรัลจุดเดียว** (Single point neutral earthing) จักไม่ได้รับประโยชน์จากการเพิ่มค่า TVL ให้ตัดสินใจแยกระบบสายดินระหว่างแรงสูงแลแรงต่ำออกจากกัน *(ผู้เขียนยังสงสัย : แยก ฤๅไม่แยกออกจากกัน)*

(e) **ค่า Stress Voltage Limit ของระบบแรงต่ำมีค่าสูงสุดเท่ากับ 1,200 โวลต์** *(ผู้เขียนยังสงสัย : ใช่ค่า EPR ในข้อ f)* อ้างอิงมาตรฐาน BS7671 BS7430 แล BS EN 50522 ให้ตัดสินใจแยกระบบสายดินระหว่างแรงสูงแลแรงต่ำออกจากกัน *(ผู้เขียนยังสงสัย : แยก ฤๅไม่แยกออกจากกัน)*

(f) **สำหรับในสถานที่ซึ่งมีค่า EPR เกิน 1,200 โวลต์** ที่ส่งผลลัพธ์ให้ค่า TVL เข้าไปในระบบระบบจำหน่ายแรงต่ำเกินกว่าค่าที่กำหนด แลระบบสายดินของทั้งแรงสูงแลแรงต่ำต้องทำหน้าที่กำจัดทิ้งออกจากระบบ (ตรวจสอบข้อมูลเพิ่มเติมจากตารางที่ 2 ในมาตรฐาน BS EN 50522) ตามที่กำหนดไว้ใน UK Annex ของ BS EN 50522 (basic touch voltage curve โดยไม่ต้องเพิ่มฉนวน (ผู้เขียนไม่มีเอกสารนี้)) ทั่ว ๆ ไปแล้วค่า TVL จักมีค่าน้อยกว่า แลจักสามารถใช้งานได้ตามแนวคิดภาพรวมเพื่อความปลอดภัยสำหรับการแยกระบบสายดินแรงสูงแลแรงต่ำ เนื่องเพราะการแยกจักเป็นไปตามความต้องการที่จักลดค่า EPR ไม่ให้เกิน 1,200 โวลต์ ให้ตัดสินใจแยกระบบสายดินระหว่างแรงสูงแลแรงต่ำออกจากกัน

(g) **ค่า Stress Voltage Limit สูงสุดไม่เกิน 1,200 โวลต์ (ค่า EPR)** ที่อุปกรณ์แรงต่ำในสถานีจำหน่ายไฟฟ้า เมื่อมีการแยก

ตีความของผู้แปล

ค่า TVL หมายถึงทั้งค่า Transfer Touch Voltage Limit แลค่า Transfer Voltage Limit ด้วยฤๅ

(h) "*ไม่แนะนำให้แยกระบบสายดินแรงสูงแลแรงต่ำ*" สำหรับสถานีที่ไม่ใช่สถานีจำหน่ายเพื่อสาธารณูปโภค (non-utility situation) การแยกอาจสร้างอันตรายมากจนไม่อาจละเลยได้ แลอาจยากที่จักดูแล ฟื้นคืน ก่อนที่จักเลือกการแยก ในการออกแบบควรพิจารณา... ภาพรวมของโครงการ...พื้นที่การจัดอุปกรณ์แรงต่ำ (integral LV unit) ...การเชื่องต่อทั้งหมด ...แลการเพิ่มตำแหน่งที่ติดตั้งแท่งหลักดิน เพื่อลดค่า EPR แลป้องกันอันตราย ทั้งสิ้นนี้เป็นความคิดรวบยอดที่จักประยุกต์ให้อยู่ในพื้นที่สถานีแรงสูงขนาดใหญ่ (Large HV Power Station)

< *ii* > การแยกระบบสายดิน

เมื่อต้องการแยกระบบสายดินของแรงสูง แลแรงต่ำทั้ง 2 ระบบจักต้องมีการแยกทางกายภาพ พร้อมการกำหนดขอบเขตพื้นที่ *การกัน (insulated) การกั้น (screened)* จาก*การเชื่อมต่อข้ามระบบ (cross contact)* แลการต่อโดยไม่เจตนา (มือที่มองไม่เห็น...ในความหมายของอดัม สมิทธ์ ในวิชาเศรษฐศาสตร์) โดยพิจารณาด้วยแนวทางต่อไปนี้

(a) **แท่งหลักดินแรงต่ำจักต้องกำหนดตำแหน่งให้มีระยะห่างเพียงพอจากแท่งหลักดินแรงสูง** แล

(b) **ค่าความต้านทานของแท่งหลักดินแรงต่ำจักต้องไม่มากกว่าค่าความต้านทานของแท่งหลักดินแรงสูงแท่งที่มีค่าสูงสุด** ซึ่งต้องทำให้สอดคล้องกับการทำงานของอุปกรณ์ป้องกันหม้อแปลงไฟฟ้าแรงสูง

< *iii* > การร่วมระบบสายดิน

เมื่อมีการเชื่อมต่อระบบสายดินของแรงสูงแลแรงต่ำ การต่อประสานสายดินที่ใช้งานเพื่อให้ได้ผลต้องเชื่อมประสานเข้ากับโครงสร้างที่ในพื้นที่ติดตั้ง พร้อมกับการประสานเข้ากับดิน แลระบบสายดินแรงต่ำก็เป็นส่วนสำคัญอย่างยิ่ง เพื่อป้องกันอันตรายจากการไหลของกระแสผิดพร่องของแรงสูงต่อเนื่องไปยังสายดินแรงต่ำ

ในขณะที่เปลือกสาย (Cable sheaths) สายตัวนำลงดินในระบบแรงต่ำ ต้องคำนึงถึงสายตัวนำลงดิน สายเชื่อมประสานต่อฝาก สายเชื่อมประสานตรง ที่จักต้องเลือกขนาดอย่างเพียงพอด้วยเหมือนกัน เพื่อป้องกันการไหลอย่างพลั่งพลูของกระแสผิดพร่องแรงสูงในสายดินของแรงต่ำ การเชื่อมประสานจักป้องกันอันตรายต่อสายดินแรงสูงจากกระแสผิดพร่องแรงต่ำเมื่อขดลวดแรงต่ำในหม้อแปลงไฟฟ้าเกิดความผิดพร่อง

ความเหมาะสมแลเพียงพอของการเชื่อมต่อระบบสายดินของแรงสูงแลแรงต่ำให้บรรลุวัตถุประสงค์ได้ จักต้องดำเนินการดังนี้

(a) **การประสานศักย์ ที่** Equipment earth bar สำหรับทั้ง 2 ระบบของแรงสูงแลแรงต่ำที่จักต่อไปใช้งานตามพิกัด เพื่อให้สอดคล้องสัมพันธ์กับ ช่วงเวลาที่อุปกรณ์ป้องกันทำงานปลดวงจรขณะที่เกิดการลัดวงจรลงดินทางด้านแรงต่ำ ฤๅ

(b) **สายเชื่อมประสานสายดินโดยตรงที่เพิ่มขึ้น** โดยพิจารณาจากพิกัดสำหรับช่วงเวลาที่อุปกรณ์ป้องกันทำงานปลดวงจรขณะที่เกิดการลัดวงจรลงดินทางด้านแรงต่ำที่ติดตั้งระหว่างจุดต่อลงดินของหม้อแปลงแรงสูง แลจุดต่อลงดินของสายดินนิวทรัลทางด้านแรงต่ำ

แม้นผู้เขียนพยายามจักค้นหาแนวทางเพื่อการตัดสินใจว่า ควรนำเสนอเป็นไปในแนวทางใดแนวทางหนึ่ง แต่ด้วยความที่ยังไม่ชี้ชัดจากข้อมูลข้างต้น ผู้เขียนจึงขออนุญาตนำเสนอข้อความที่ปรากฏในเบื้องต้น ที่อาจเป็นการจุดประกายช่วยกันคิดช่วยกันทำความต่าง ๆ ให้กระจ่างก่อนที่จักเขียนข้อกำหนดนี้ให้ปรากฏในมาตรฐานการติดตั้งไฟฟ้า วสท. ผู้เขียนหวังว่า งานเขียนนี้จักเป็นจุดเริ่มต้นที่ทำให้ได้ระดมพลังสติปัญญาจากวิศวกรไทยได้หันหน้ามาร่วมกันพิจารณาเพื่อเราคนไทยได้ใช้สิ่งที่เหมาะสมกับประชาชนไทย จากวิศวกรไทยเช่นกัน...

ส่วนตัวผู้เขียน

นายสุวิทย์ ศรีสุข
วิศวกรไฟฟ้า-ที่ปรึกษาอิสระ
การศึกษา • ปริญญาตรี-วิศวกรรมศาสตร์ ไฟฟ้ากำลัง สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าธนบุรี
• ปริญญาโท-วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม บางเขน
ประสบการณ์ ทำงานกว่า 31 ปี งานด้านไฟฟ้ากำลัง