คุณสุวิทย์ ศรีสุข

ขอเล่าเท่าที่รู้...

NFPA 70 : 2017 (NEC) : Ground Fault Interrupter (GFI)...IEC 60 364 : Ground Fault Protector (GFP)

สำหรับงานเขียนนี้จักเลือกใช้ชื่อย่อตาม NEC ว่า GFI ตามข้อกำหนดของ NFPA 70 : 2017 ฤๅ NEC กำหนดไว้ดังนี้ วงจรที่ต้องมีอุปกรณ์ปลดวงจรที่เรียกว่า เซอร์กิตเบรคเกอร์ (circuit breaker ในที่นี้เรียกว่า CB) โดยทั่วไปหาก CB ตัวนี้ทำหน้าที่เป็น เมนเซอร์กิตเบรคเกอร์ที่มีขนาดตั้งแต่ 1,000 แอมป์ขึ้นไปมักจักใช้ชนิด แอร์เซอร์กิตเบรคเกอร์ (air circuit breaker ในที่นี้เรียกว่า ACB) ACB ที่ว่าเมื่อมีขนาดตั้งแต่ 1,000 แอมป์ขึ้นไปต้องมี GFI ฤๅแม้แต่วงจรสายป้อนที่มิใช่ ACB ที่มีขนาดตั้งแต่ 1,000 แอมป์ขึ้นไปก็ต้องมี GFI ด้วยเช่นกัน ซึ่งการปรับค่าได้ตั้งแต่ 500 แอมป์ไปจนถึงค่าสูงสุดได้ไม่เกิน 1,200 แอมป์ กรณีที่มีกระแสลัดวงจรลงดินที่ต้องการควบคุมดูแลเกิน 1,200 แอมป์ NEC ก็กำหนดให้ต้องมี Arc Fault Iterrupter (AFI) ในที่นี้ยังไม่พูดถึง เราจักเขียนถึงจำเพาะ GFI เท่านั้น

ต่อไปเรามาเรียนรู้เกี่ยวกับ GFI มีการตรวจจับด้วย sensor แบบใดบ้าง ก็การตรวจจับเป็นการตรวจจับกระแสที่ผิดปกติลัดวงจรลงดินมีอยู่ด้วยกัน 3 แนวทางดังนี้ 1) Residual Sensing (RS) 2) Source Ground Return (SGR) แล 3) Zero Sequence (ZS) แต่ละแบบมีการทำงานกันอย่างไรบ้าง เริ่มที่...

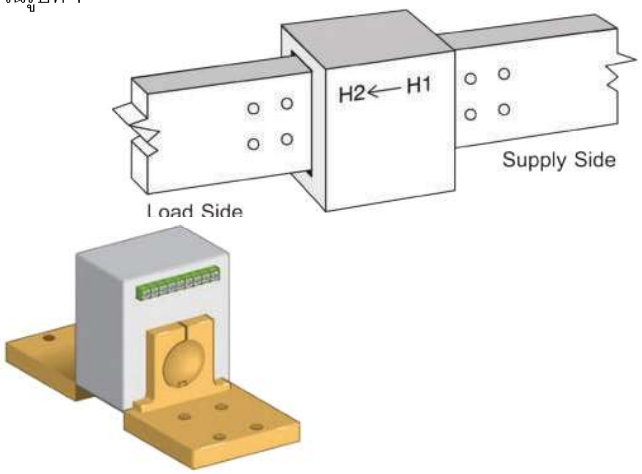
ลำดับที่ 1 **การทำงานของ Residual Sensing** ต่อไปนี้เรียกอย่างย่อๆ ว่า RS เป็นการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับกระแสของเส้นไฟแต่ละเฟส (3 เฟส) แลเส้นดินระบบ ฤๅเส้นนิวทรัล ที่มีทั้งชนิดที่ติดตั้ง sensor built-in ฤๅภายใน ACB แลชนิดติดตั้งภายนอก ACB ทั้งสองแบบจักต้องติดตั้ง Current Transformer (ต่อไปเราจักเรียกว่า CT) ที่บาร์นิวทรัล มีหลักการทำงานอย่างเดียวกันคือ เป็นการรวมขนาดกระแสของสายเฟสทั้งสามรวมกับกระแสในสายนิวทรัลทางเว็คเตอร์ หากเท่ากับศูนย์ ฤๅต่างกันไม่เกินค่าที่ตั้งไว้ ACB ก็ไม่ปลดวงจร แต่เมื่อใดผลรวมทางเว็คเตอร์ฤๅต่างกันเกินค่าที่ตั้งไว้ ACB ก็จักปลดวงจร

ลำดับที่ 2 **การทำงานของ Source Ground Return** ต่อไปนี้เรียกอย่างย่อๆ ว่า SGR เป็นกระบวนการง่ายๆ เมื่อใดที่มีการลัดวงจรลงดินจักมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวนำลงดิน (สายสีเขียว) จากจุดลัดวงจรมายังบาร์กราวด์ของตู้ปลายทาง เดินทางย้อนผ่านสายดินอุปกรณ์ (equipment ground) มาจนกระทั่งถึงตู้เมน MDB มาที่บาร์กราวด์ผ่าน CT ที่ทำหน้าที่ตรวจจับ ผ่านไปจนถึงจุดเชื่อมโยงระหว่างบาร์กราวด์กับบาร์นิวทรัล ซึ่งแล้วเราจักมาทบทวนเรื่องขนาดกันในภายหลัง เบื้องต้นขนาดของสายเชื่อมโยงนี้ ใช้ตารางที่ 4-1 อ้างอิงตามขนาดพื้นที่หน้าตัดของสายเมนหากเกิน 500 ตร.มม. ให้คำนวณด้วยขนาด 12.5 % ของขนาดพื้นที่หน้าตัดของสายเมนต่อเฟส (หากมีหลายเส้นต่อเฟสต้องรวมทุกเส้นต่อเฟสนั้นก่อนการคำนวณ) ซึ่งกรณีที่ระบบของ GFI ทำงานได้ปกติ ขนาดของสายเชื่อมนี้สามารถใช้งานได้อย่างแน่นอน หากแต่เมื่อใดมีการ disable GFI กับการทำงานของ ACB ฤๅมีการต่อสายผิดพลาดอยากให้ข้อสังเกตเบื้องต้นว่า ขนาดกระแสลัดวงจรต้องไม่มากกว่า 4 เท่าของกระแสพิกัดที่ตั้งหมายถึง ค่า Ir ฤๅ %In ให้ทำงานในเวลา 5 วินาที นอกเหนือจากนี้แล้ว (ตั้งค่าให้ ACB ทำงานที่ค่ากระแสลัดวงจรมากกว่า 4 เท่าของค่ากระแสของ Ir) ต้องคำนวณ โดยในเบื้องต้นแบบเร็วๆเราสามารถคำนวณได้ดังนี้ **กำหนดข้อมูลการคำนวณสำหรับหม้อแปลงขนาด** 1,000 kVA ออกแบบใช้งาน 100% มีขนาดกระแสใช้งานที่ 1,443 แอมป์ (Ir) ตั้งค่าให้ ACB ทำงานกระแสลัดวงจร (ไม่ใช้ FGI) ที่ 4 เท่าของค่า Ir ทำงานภายในเวลา 5 วินาที (t) เลือกชนิดของสายที่ใช้เชื่อมบาร์กราวด์กับบาร์นิวทรัลเป็นสาย cross link 90 องศาเซลเซียส ฉนวนเป็น thermoPlastic ที่มีค่า k = 100 คำนวณหาขนาดสาย (S) เท่ากับ sqrt (Ir ^ 2 * t) / k แทนค่า sqrt (1443 ^ 2 * 5) / 100 ผลการคำนวณได้เท่ากับ 129 ตร.มม. จึงเลือกขนาดสายเชื่อมนี้เท่ากับ 150 ตร.มม. เมื่อเปิดตารางของ วสท.ที่ 4-1 อ้างอิงสายเมนด้วยสายขนาด 300 ตร.มม.จำนวน 4 สายต่อเฟส จึงได้ขนาดสายเชื่อมนี้เป็นขนาด 300 * 4 * 12.5 / 100 เท่ากับ 150 ตร.มม. กลับมาอ่านเรื่อง SGR

กันต่อ แม้การทำงานของ GFI จักทำงานได้ ก็มีข้อจำกัดที่ต้องคำนึงถึง คือ ในกรณีของจุดต่อลงดินของจุดนัวทรัลที่หม้อแปลงไฟฟ้ามีค่าความต้านทานดินต่ำกว่า ฤๅระยะห่างจุดดังกล่าวไม่ไกลจากตู้เมน MDB มากพอ (จากความจำที่ได้รับการสอนในอดีตคือระยะน้อยกว่า 30 เมตร) ทำให้อาจมีกระแสลัดวงจรลงดินบางส่วนไม่ไหลผ่าน SGR กรณีนี้ทำให้การทำงานของ GFI ชนิด SGR ทำงานผิดพลาดได้

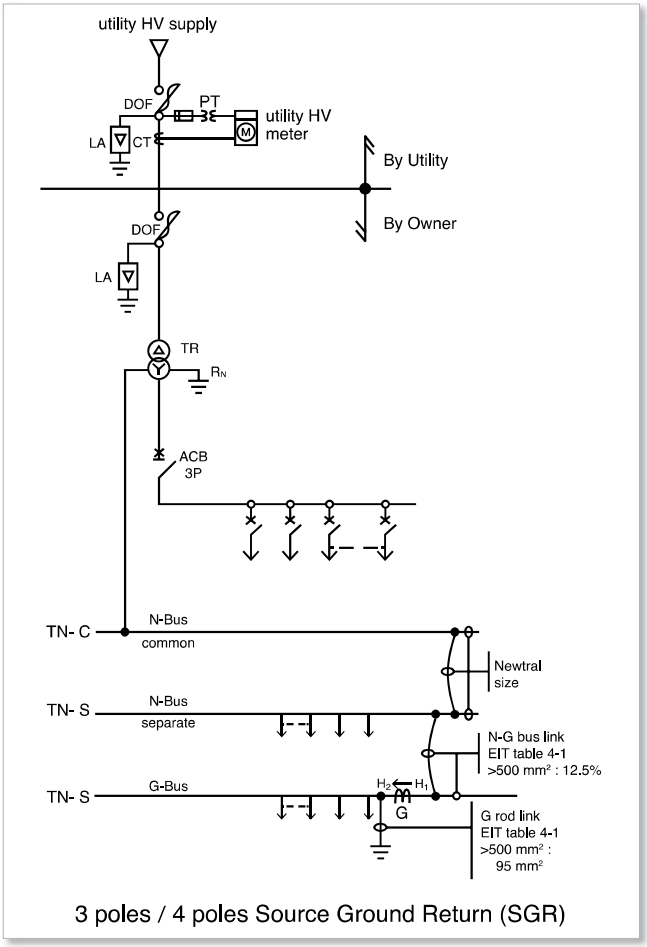
ลำดับที่ 3 เป็นวิธีการตรวจจับวิธี GFI วิธีสุดท้ายคือ Zero Sequence ต่อไปนี้เรียกอย่างย่อๆว่า ZS เป็นการใช้ CT เพียงชุดเดียวครอบสายเฟสทุกเส้น แลสายนิวทรัล แล้วอ่านเส้นแรงแม่เหล็กที่เหลือในเวลาหนึ่งๆ ว่า เกินขนาดที่ปรับตั้งไว้ โดยที่กรณีนี้ไม่สามารถใช้กับการทำงานในตู้เมน MDB ที่ ACB ได้ หากแต่กรณีที่สายป้อนในตู้เมน MDB ก็สามารถใช้ได้ก็ได้

ต่อไปเป็นการดูราบละเอียดการติดตั้งซึ่งทั้งแบบ RS แล SGR มีรายละเอียดของวิธีการติดตั้งเป็นไปในทำนองเดียวกัน ขอเริ่มต้นด้วยการเสนอรูปแบบของ CT ที่ทำหน้าที่ตรวจจับค่ากระแสลัดวงจรลงดิน แสดงในรูปที่ 1



● *รูปที่ 1 แสดงรายละเอียดของ CT สำหรับ GFI*

เมื่อนำ CT สำหรับ GFI ที่มาพร้อมกับ ACB ที่ต้องการติดตั้งเป็นชนิด SGR ก่อนอื่นต้องมาทำความรู้จักกับ CT ที่ว่านี้ ประกอบด้วย CT แล Cu bar ที่ต้องคำนึงถึงทิศทาง โดยกำหนดให้ด้าน H1 ติดตั้งทางด้านจ่ายไฟเข้ามายัง CT ฤๅ supply side ส่วนอีกด้านหนึ่งคือ ด้าน H2 ให้ติดตั้งทางด้านโหลดไฟฟ้าออกจาก CT ฤๅ load side เมื่อนำมาประกอบกับ single linediagram สำหรับหม้อแปลง 1 ชุดรับไฟฟ้าแรงสูงจากการไฟฟ้าฯ ดังแสดงในรูปที่ 2

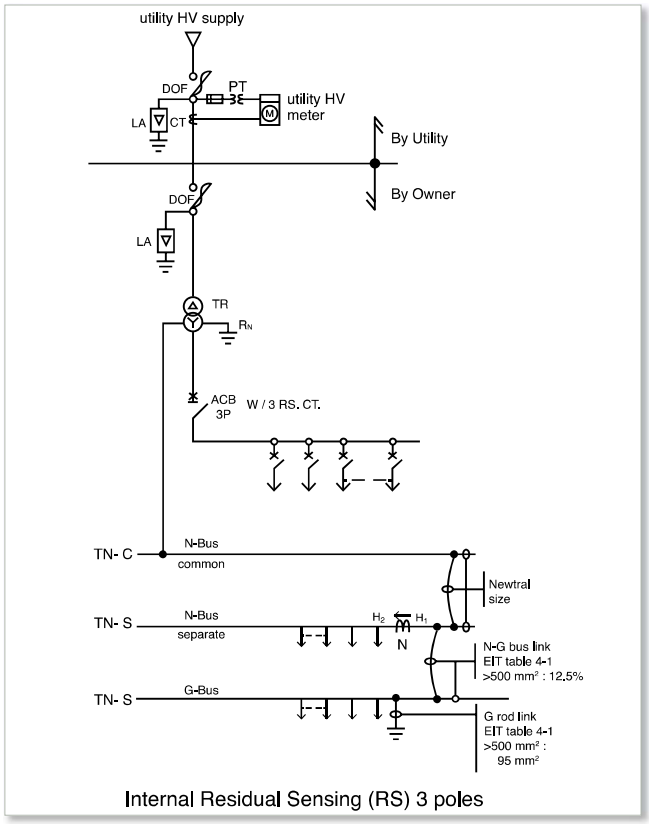


● *รูปที่ 2 แสดงการติดตั้ง SGR สำหรับหม้อแปลง 1 ชุด ไม่มีเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ACB 3P*

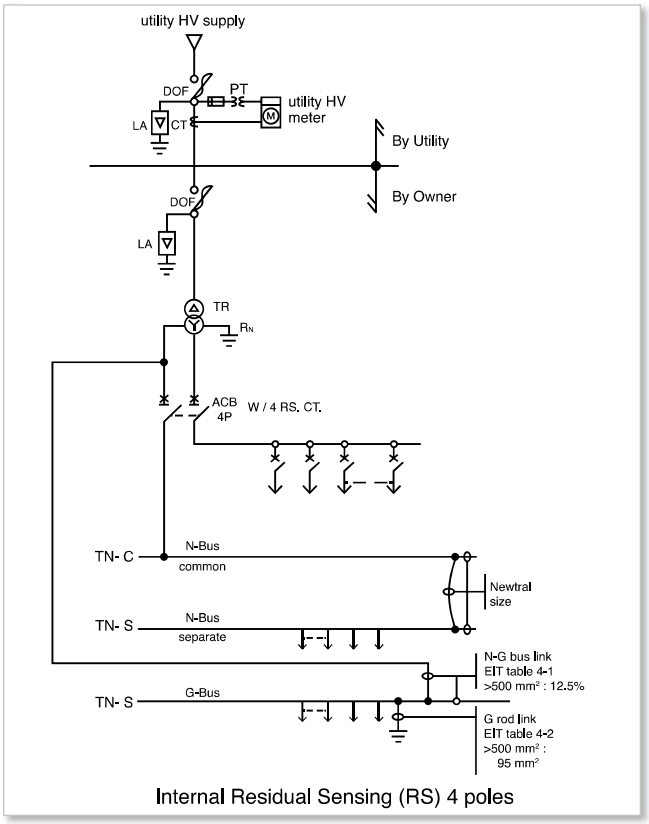
นอกจากรูปแบบการติดตั้ง SGR สำหรับหม้อแปลงไฟฟ้า 1 ชุด ไม่มีเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ใช้เมนป้องกันเป็น ACB ชนิด 3 ขั้ว ยังมีรูปแบบอื่นๆ ขอลำดับนำเสนอเป็นตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงรูปแบบของ GFI สำหรับหม้อแปลง 1/2 ชุด มี/ไม่มีเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ACB 3P/4P

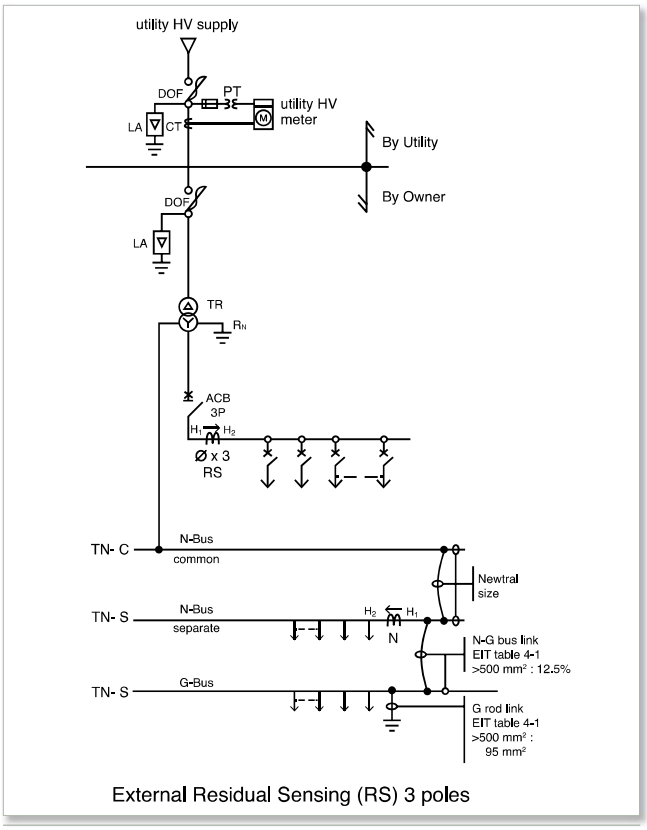
ลำดับที่	ชนิดของ GFI	ACB (poles)	รูปที่	Tr
1	SGR	3P	2	1 Tr
2	RS (internal)	3P	3	1 Tr
3	RS (external)	4P	4	1 Tr
4	SGR	3P	5	2 Tr
5	SGR	4P	6	2 Tr
6	RS (internal)	3P	7	2 Tr
7	RS (internal)	4P	8	2 Tr
8	RS (external)	3P	9	2 Tr
9	RS (external)	4P	10	2 Tr



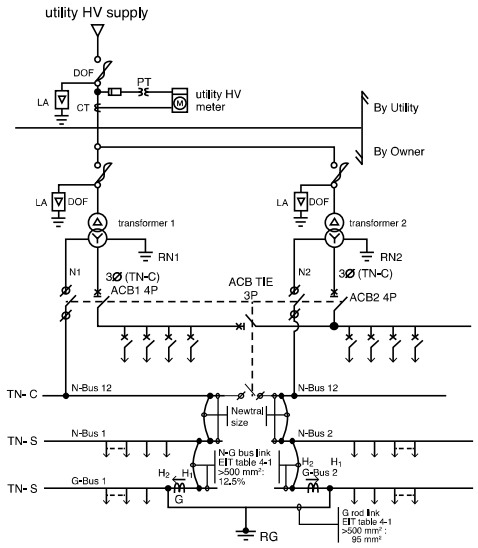
● *รูปที่ 3 แสดงการติดตั้ง RS (INTERNAL) สำหรับหม้อแปลง 1 ชุด ACB 3P*



● *รูปที่ 4 แสดงการติดตั้ง RS (INTERNAL) สำหรับหม้อแปลง 1 ชุด ACB 4P*

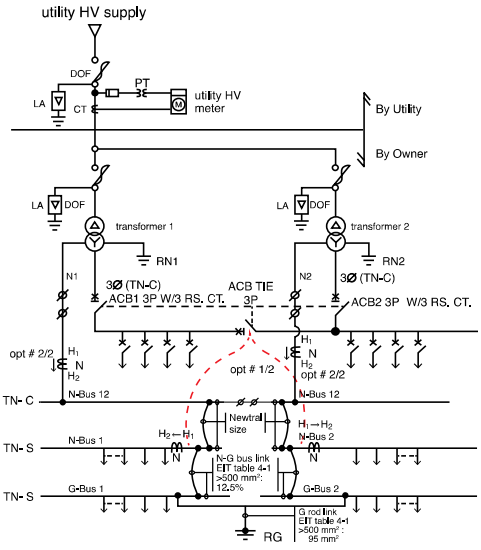


● *รูปที่ 5 แสดงการติดตั้ง SGR สำหรับหม้อแปลง 1 ชุด ACB 3P*



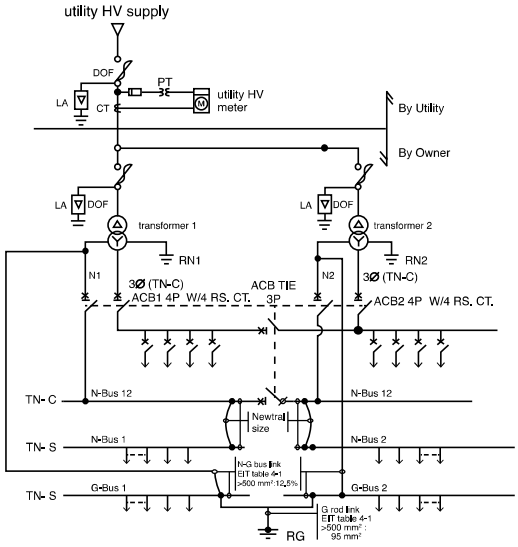
Source Ground Return (SGR) 4 P

- รูปที่ 6 แสดงการติดตั้ง SGR สำหรับหม้อแปลง 2 ชุด ACB 4P



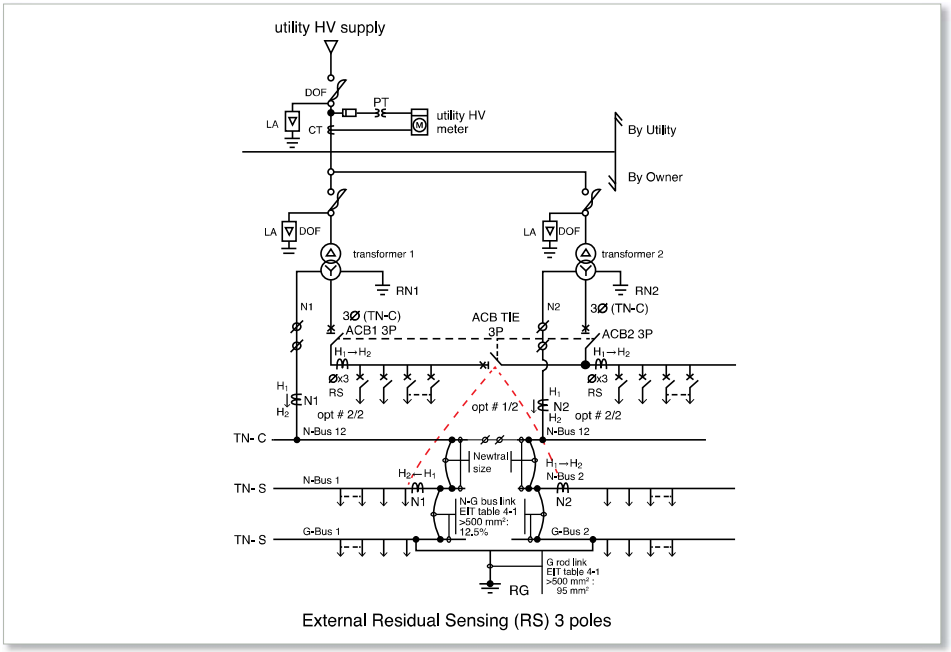
Internal Residual Sensing (RS) 3 Poles

- รูปที่ 7 แสดงการติดตั้ง RS (INTERNAL) สำหรับหม้อแปลง 2 ชุด ACB 3P



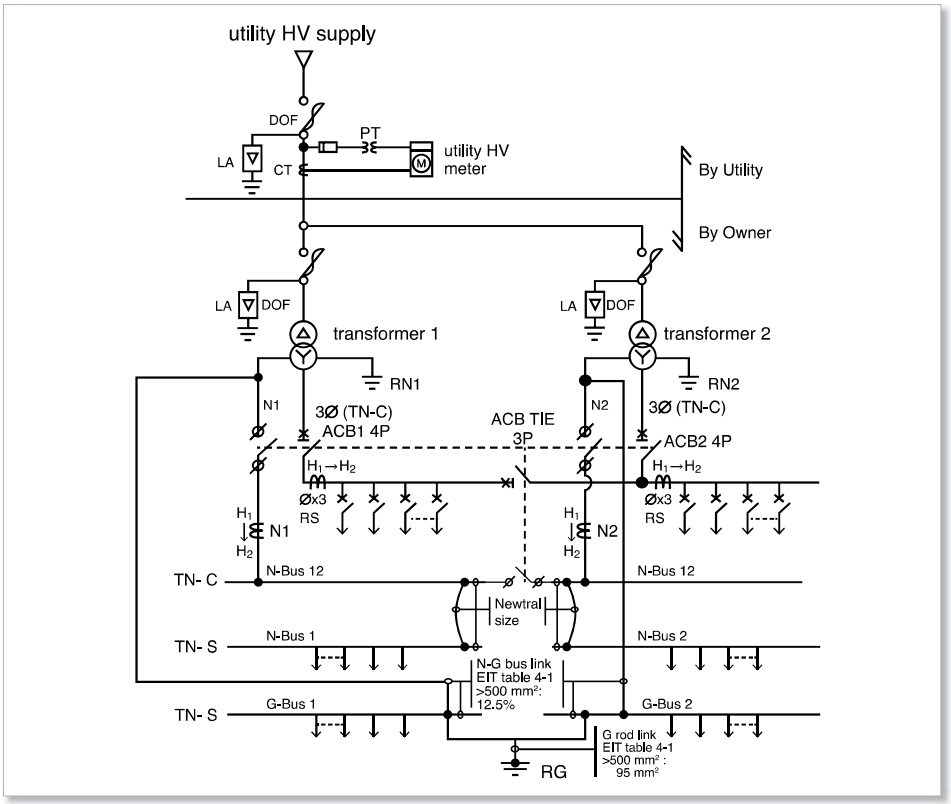
Internal Residual Sensing (RS) 4 Poles

- รูปที่ 8 แสดงการติดตั้ง RS (INTERNAL) สำหรับหม้อแปลง 2 ชุด ACB 4P



External Residual Sensing (RS) 3 poles

● *รูปที่ 9 แสดงการติดตั้ง RS (EXTERNAL) สำหรับหม้อแปลง 2 ชุด ACB 3P*



● *รูปที่ 10 แสดงการติดตั้ง RS (EXTERNAL) สำหรับหม้อแปลง 2 ชุด ACB 4P*

แม้นอาจยังมีรายละเอียดในการทำงานแต่ละแบบที่นำเสนอ ในเบื้องต้นขอนำเสนอเพื่อเรียนรู้ในกรอบนี้ก่อน หากท่านผู้อ่านสนใจ สอบถาม ยินดีสื่อสารกันผ่านเครือข่ายสังคมออนไลน์ ฤๅอาจสอบถามผ่านทางสมาคมฯ TEMCA ได้อีกช่องทางหนึ่ง ท้ายที่สุดนี้หวังยิ่งว่า ท่านผู้อ่านจักได้สาระได้บ้างไม่มากก็น้อย ด้วยความปรารถนาดีจากใจผู้เขียน...

ส่วนตัวผู้เขียน

นายสุวิทย์ ศรีสุข *วิศวกรไฟฟ้า-ที่ปรึกษาอิสระ*

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

ประสบการณ์ • ทำงานกว่า 31 ปี งานด้านไฟฟ้ากำลัง