

SIMES ENGINEERING CO.,LTD.(Head Office)

บริษัท ไชเมส เอ็นจิเนียริง จำกัด (สำนักงานใหญ่)

121 Moo 1 Soi Thananiran , Sukhapibal Road , Tambol Bangsrimuang , Ampur Muang , Nonthaburi 11000

121 หมู่ 1 ซอย ชนะนิรันดร์ ถนน สุขภิบาล ตำบล บางศรีเมือง อําเภอ เมือง จังหวัด นนทบุรี 11000

เลขประจำตัวผู้เสียภาษีอากร 0125558021330 อัตราร้อยละ 7

Tel. 02-8828968 , 081-9146766 , 081-8228835 FAX 02-4462334 E- mail address : chanvit_cru@yahoo.com

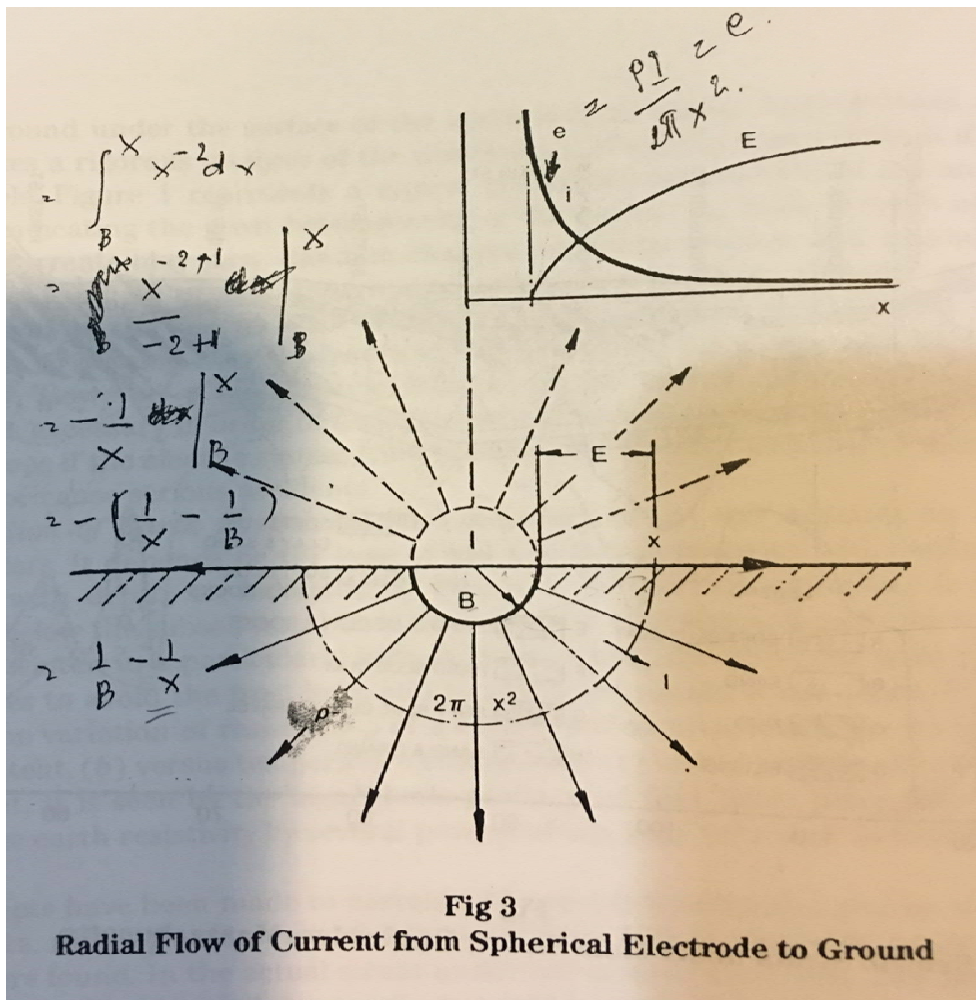
วันที่ 1 พฤศจิกายน 2559

เรียน ประธานสาขาวิศวกรรมไฟฟ้า วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย

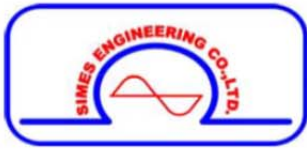
เรื่อง ขอแก้ไขมาตรฐาน การต่อลงดินในระบบ TNC (PME) ที่ให้นำสาย Neutral กับ Earth ต่อเข้าด้วยกัน

การเกิดแรงดันไฟฟ้ารอบ Ground rod เมื่อมีกระแสไหลผ่าน

เพื่อให้ง่ายและเข้าใจให้พิจารณา นำทรงกลมผ่าครึ่งทำเป็น Ground rod มาฝังในดิน แล้วทำการจ่ายกระแสเข้าไป กระแสจะไหลออกจาก Ground rod ทุกทิศทุกทาง ความหนาแน่นของกระแสที่ระยะห่างจาก Ground rod จะแปรผันตามพื้นที่ผิวทรงกลม ดังรูปที่ 1



รูปที่ 3 แสดงการไหลของกระแส ออกจากวงกลมผ่าซีกที่ฝังดิน



SIMES ENGINEERING CO.,LTD.(Head Office)

บริษัท ไชเมส เอ็นจิเนียริ่ง จำกัด (สำนักงานใหญ่)

121 Moo 1 Soi Thananiran , Sukhapibal Road , Tambol Bangsrimuang , Ampur Muang , Nonthaburi 11000

121 หมู่ 1 ซอย ชนนิรันดร์ ถนน สุขภิบาล ตำบล บางศรีเมือง อำเภอ เมือง จังหวัด นนทบุรี 11000

เลขประจำตัวผู้เสียภาษีอากร 0125558021330 อัตราร้อยละ 7

Tel. 02-8828968 , 081-9146766 , 081-8228835 FAX 02-4462334 E- mail address : chanvit_cru@yahoo.com

$$\begin{aligned} \text{พื้นที่ผิวทรงกลม (A)} &= 4\pi r^2 \\ \text{Current density} &= i = \frac{I}{A} \\ \text{ที่ทรงกลมผ่าซีก พื้นที่ผิวทรงกลม (A)} &= \frac{4\pi r^2}{2} = 2\pi r^2 \\ \text{Current density} \quad i = \frac{I}{A} &= \frac{I}{2\pi r^2} \end{aligned}$$

Electric field strength in ground at distance (x)

$$e = \rho \cdot i = \rho \cdot \frac{I}{2\pi r^2} \quad (2)$$

การคำนวณหาแรงดันไฟฟ้าระหว่าง Ground rod กับระยะใดๆ คือ Line integral ของ สนามไฟฟ้าจาก Ground rod ที่มีรัศมี B ไปยังระยะใดๆ (X)

$$E = \int_B^x e dx = \frac{\rho I}{2\pi} \int_B^x \frac{dx}{x^2} = \frac{\rho I}{2\pi} \left[\frac{1}{B} - \frac{1}{x} \right] \dots \dots \dots (3)$$

จากสมการที่ 2 จะเห็นว่า ค่าความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า รอบ Ground rod หรือ ค่าความเข้มข้นของสนามไฟฟ้า รอบ Ground rod จะขึ้นอยู่กับระยะทางจาก Ground rod ออกไป

จากสมการที่ 3 เป็นค่าแรงดันไฟฟ้าจาก ครึ่งวงกลมผ่าซีก ไป ที่ระยะใดๆ หากระยะ X มากขึ้นค่าแรงดันมากขึ้น พิจารณาแรงดันไฟฟ้าที่ระยะ X ที่มากกว่า รัศมี B มากๆ

$$E = \frac{\rho I}{2\pi B} \dots \dots \dots (4)$$

ดังนั้นค่า ความต้านทานดิน ที่ด้านการไหลของกระแสที่ออกจาก Ground rod ทุกทิศทุกทาง

$$RG = \frac{E}{I} = \frac{\rho}{2\pi B} \dots \dots \dots (5)$$

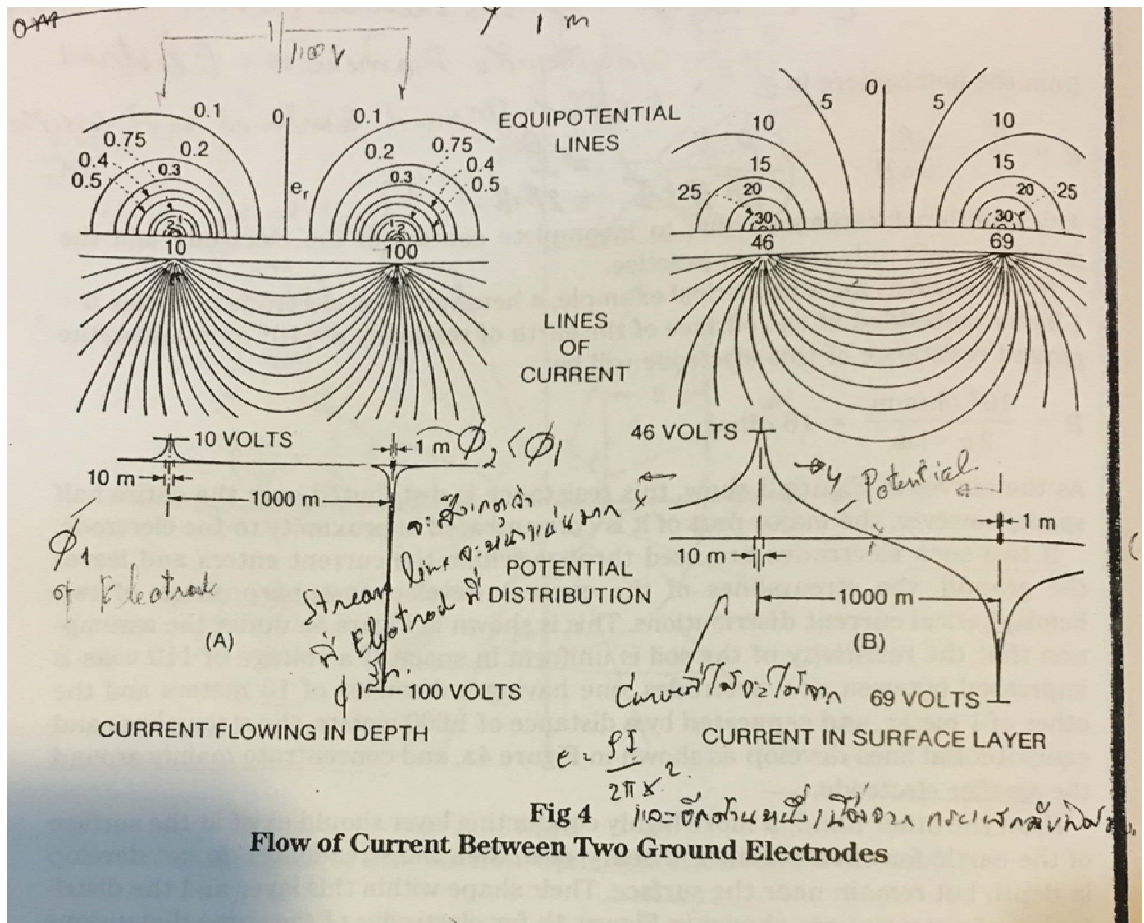
จากสมการที่ 5 นี้ จะเห็นว่าค่า Ground resistance คือค่า E / I

E จะเป็นค่าแรงดันไฟฟ้าระหว่าง Ground rod กับแรงดันที่ดินที่ห่างจากแท่ง Ground rod มากๆ เมื่อเทียบกับรัศมีของ Ground rod “B” โดยปกติใช้มากกว่า 2 เมตรเนื่องจาก ที่ระยะนี้จะไม่ผลของ Equipotential lines

I คือค่ากระแสที่ป้อนเข้าไปในดิน โดยปกติในเครื่องทดสอบ Ground resistance จะใช้ความถี่ ที่ไม่ใช่ 50 Hz เพื่อหลีกเลี่ยง ผลของกระแสไฟฟ้ารั่วจากอุปกรณ์ ดังนั้นนี่คือเหตุผลว่าทำไม Ground resistance จึงสามารถวัดได้ขณะที่จ่ายไฟฟ้า

จาก สมการที่ 5 นี้จะถูกนำไปใช้ในการหาค่า Ground resistance

การพิจารณา Equipotential line กับ Current density รอบ Ground rod เมื่อมีกระแสไหลที่ Ground rod



รูปที่ 4 แสดงการกระจายของกระแสไฟฟ้า และ แสดงแรงดันไฟฟ้าที่ระยะห่างจากแท่ง Electrode

วัตถุประสงค์ที่ทำการศึกษาคูณสมบัติของ Potential distribution ในดินเมื่อมีกระแสไหลลงดิน เพื่อให้เห็นคุณลักษณะของแรงดันรอบๆแท่งกราวด์

รูปที่ 4 แสดงนำแท่งกราวด์ สองแท่งปักลงในดิน ด้านหนึ่งกระแสไหลลงดิน ด้านหนึ่งกระแสไหลจากดินกลับแท่งกราวด์ จะเห็นว่ามีความดันไฟฟ้ารอบ แท่งกราวด์ตามรูป 4

รูปที่ 4 A ป้อนแรงดันไฟฟ้า 110 V (10+100) , รูปที่ 4 B ป้อนแรงดันไฟฟ้า 115 V (46 + 69) ทั้งสองรูปสามารถเขียน Potential distribution (Voltage gradient) ได้จากสมการที่ 3

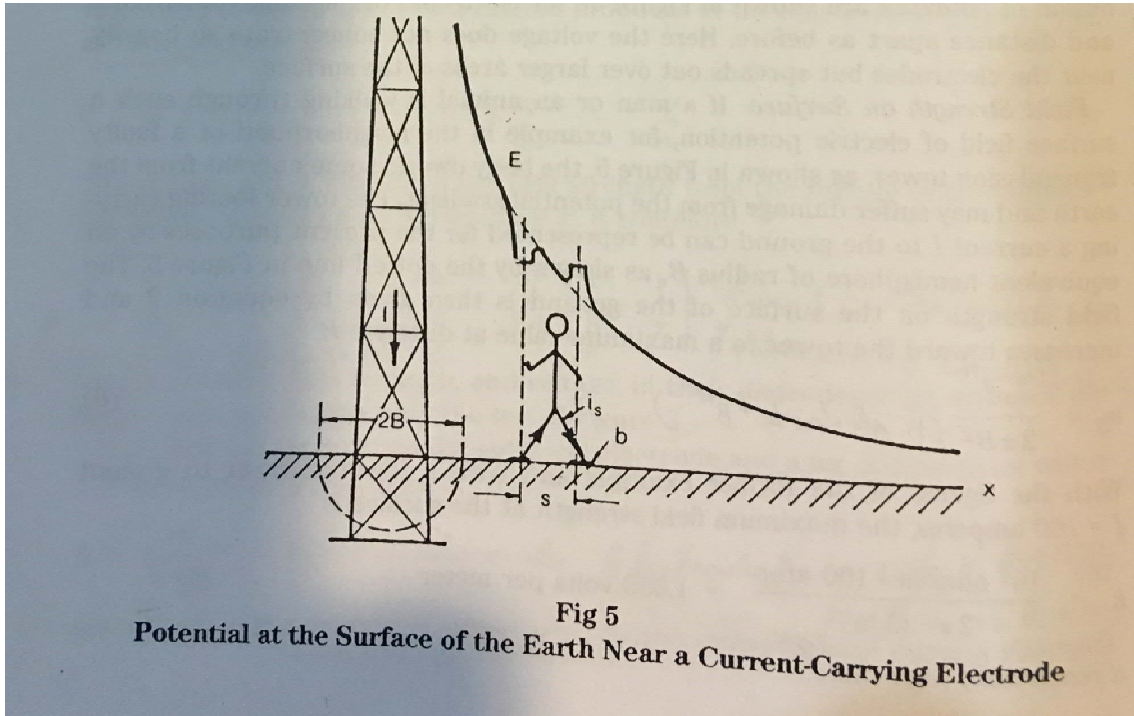
รูปที่ 4 A เป็นพื้นดินแห้ง ทำการปักแท่งกราวด์ลึก 10 เมตร กับ 1 เมตร จะเห็นว่า Potential distribution ต่างกันคือที่ปัก 10 เมตรจะมี Potential distribution ต่ำ (10 V) ส่วน แท่งกราวด์ที่ปัก 1 เมตร จะมี Potential distribution สูง (100 V)

รูปที่ 4 B เป็นพื้นดินเปียก ทำการปักแท่งกราวด์ลึก 10 เมตร กับ 1 เมตร จะเห็นว่า Potential distribution ต่างกันคือที่ปัก 10 เมตรจะมี Potential distribution ต่ำ (46 V) ส่วน แท่งกราวด์ที่ปัก 1 เมตร จะมี Potential distribution สูง (69 V)

สรุป ค่า Potential distribution (Gradient voltage) รอบแท่งกราวด์จะเป็นความสัมพันธ์กันทั้งด้าน Source side และ Load side ดังแสดงในรูปที่ 4 กล่าวคือหากต้องการให้ Gradient voltage รอบ Ground rod ด้าน Load side ต่ำจะต้องมีค่า Ground resistance ต่ำกว่าค่า Ground resistance ด้าน Source side

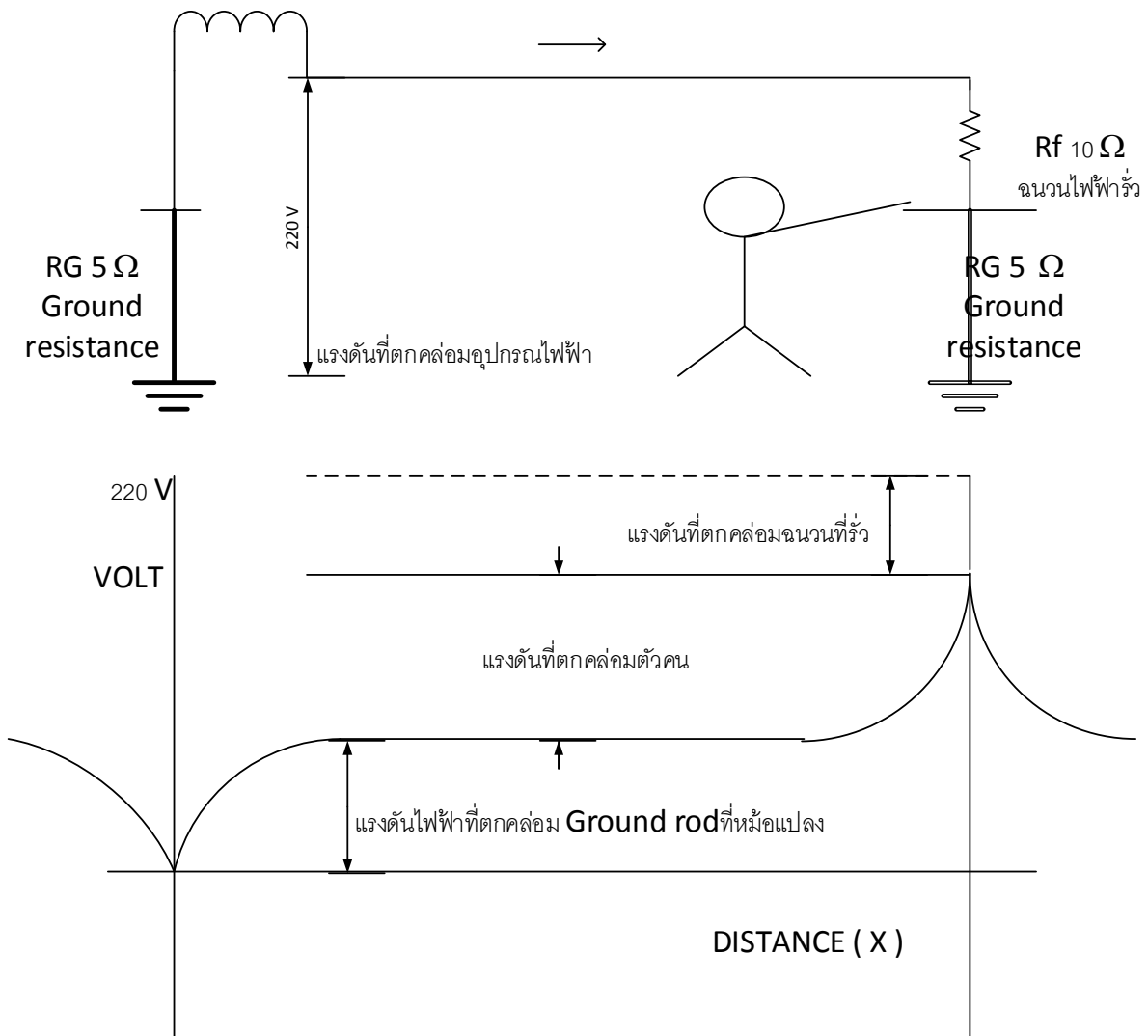
จาก ทฤษฎีดังกล่าวจะเห็นว่า หากต้องการให้ปลอดภัยจากไฟฟ้าดูดจะต้อง ให้ ค่า Ground resistance ของ Ground rod ต่ำกว่าด้าน Source side

การประยุกต์ทฤษฎีการเกิดแรงดันไฟฟ้ารอบๆ แท่ง Ground เมื่อมีกระแสไหล รูปที่ 5 แสดงว่า เราจะถูกไฟฟ้าดูดหากเดินเข้าใกล้เสาไฟฟ้าที่มีกระแสไหล ลงดิน หรือขึ้นจากดิน



รูปที่ 5 แสดงแรงดันไฟฟ้ารอบเสาไฟฟ้า ถ้ามีกระแสไหลลงดินที่เสาไฟฟ้า

การประยุกต์ เพื่อแสดงให้เห็นเข้าใจว่า มีสาย Ground นั้น ไม่ปลอดภัยจากไฟฟ้าดูดแต่เป็นเพียงบรรเทาความรุนแรงจากไฟฟ้าดูด



รูปที่ 6 แสดงแรงดันไฟฟ้าที่ แท่ง Ground rod เมื่อ Ground resistance ทั้งฝั่ง Source side , load side เท่ากัน

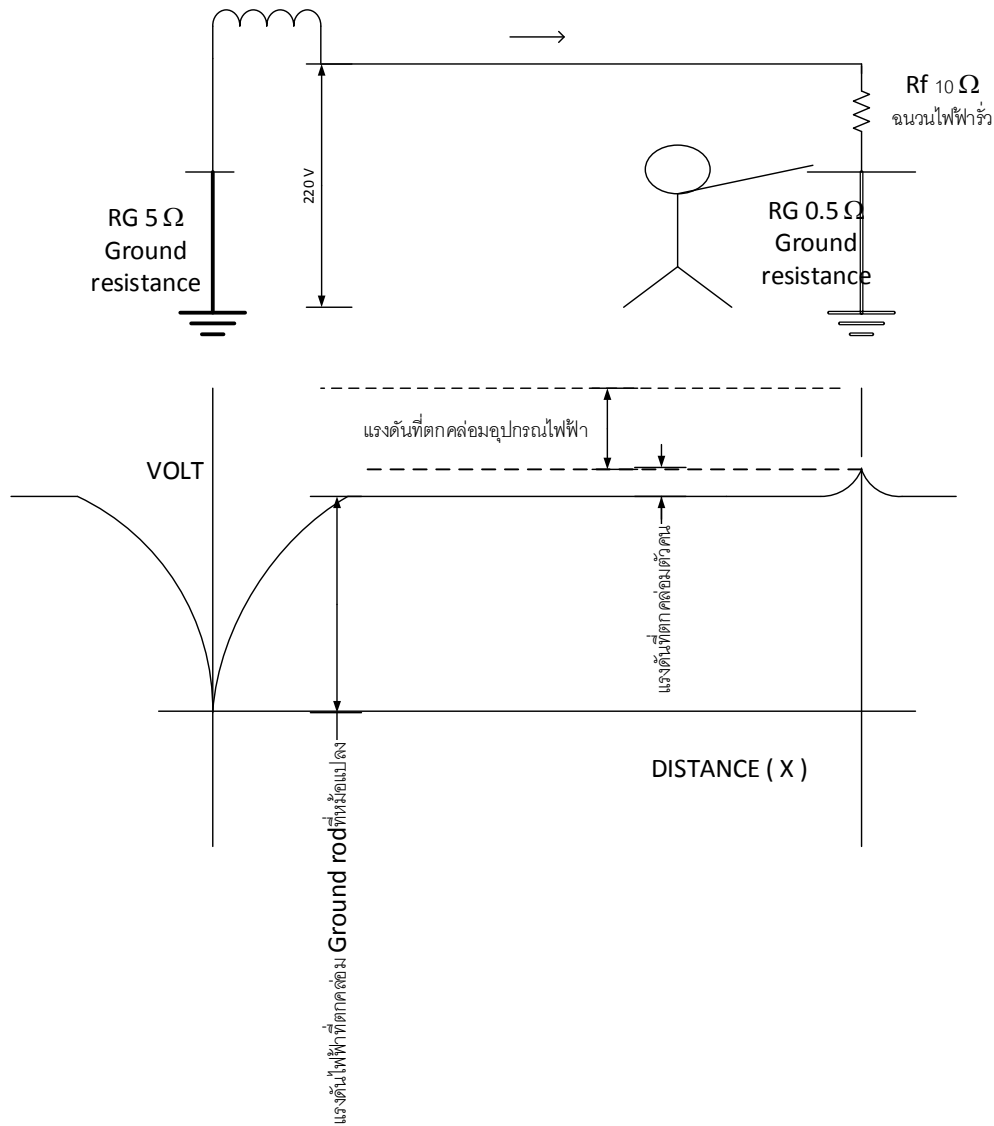
การคำนวณค่าแรงดันไฟฟ้าที่ Ground rod เมื่อค่า Ground resistance เท่ากันทั้ง Load side และ Source side
ค่ากระแสไหลลงดิน (สมมุติค่าจำนวนที่รั้วลงดินมีค่า 10 Ohm)

$$\begin{aligned}
 I &= 220 / (10+5+5) &= 11 \text{ A} \\
 \text{Voltage drop at } R_f &= 11 \times 10 &= 110 \text{ V} \\
 \text{Voltage drop at Ground rod at load side} &= 11 \times 5 = 55 \text{ V} \\
 \text{Voltage drop at Ground rod at source side} &= 11 \times 5 = 55 \text{ V}
 \end{aligned}$$

จะเห็นว่า มี Voltage gradient รอบ Ground rod 55 V ถ้าเรานำมือไปจับ Ground rod จะได้รับแรงดันไฟฟ้า

55 V

วิธีลดความรุนแรงจากไฟฟ้าดูด โดยการทำให้ค่า Ground resistance ให้ต่ำกว่า Ground resistance ด้าน Source side



รูปที่ 7 แสดงแรงดันไฟฟ้าที่ แท่ง Ground rod เมื่อ Ground resistance ทั้งฝั่ง Source side มากกว่า load side

การคำนวณค่าแรงดันไฟฟ้าที่ Ground rod

ค่ากระแสไหลลงดิน

$$\begin{aligned}
 I &= 220 / (10+5+0.5) = 14.19 \text{ A} \\
 \text{Voltage drop at } R_f &= 14.19 \times 10 = 141.93 \text{ V} \\
 \text{Voltage drop at Ground rod at source side} &= 14.19 \times 5 = 70.95 \text{ V} \\
 \text{Voltage drop at Ground rod at load side} &= 14.19 \times 0.5 = 7.09 \text{ V}
 \end{aligned}$$

จะเห็นว่า มี Voltage gradient รอบ Ground rod ด้าน Load side 7.09 V ถ้าเรานำมือไปจับ Ground rod จะได้รับแรงดันไฟฟ้า 7.09 V นั่นคือเราจะปลอดภัยจากไฟฟ้าดูดถ้า Ground resistance ด้าน Load side ต่ำกว่าด้าน Source side

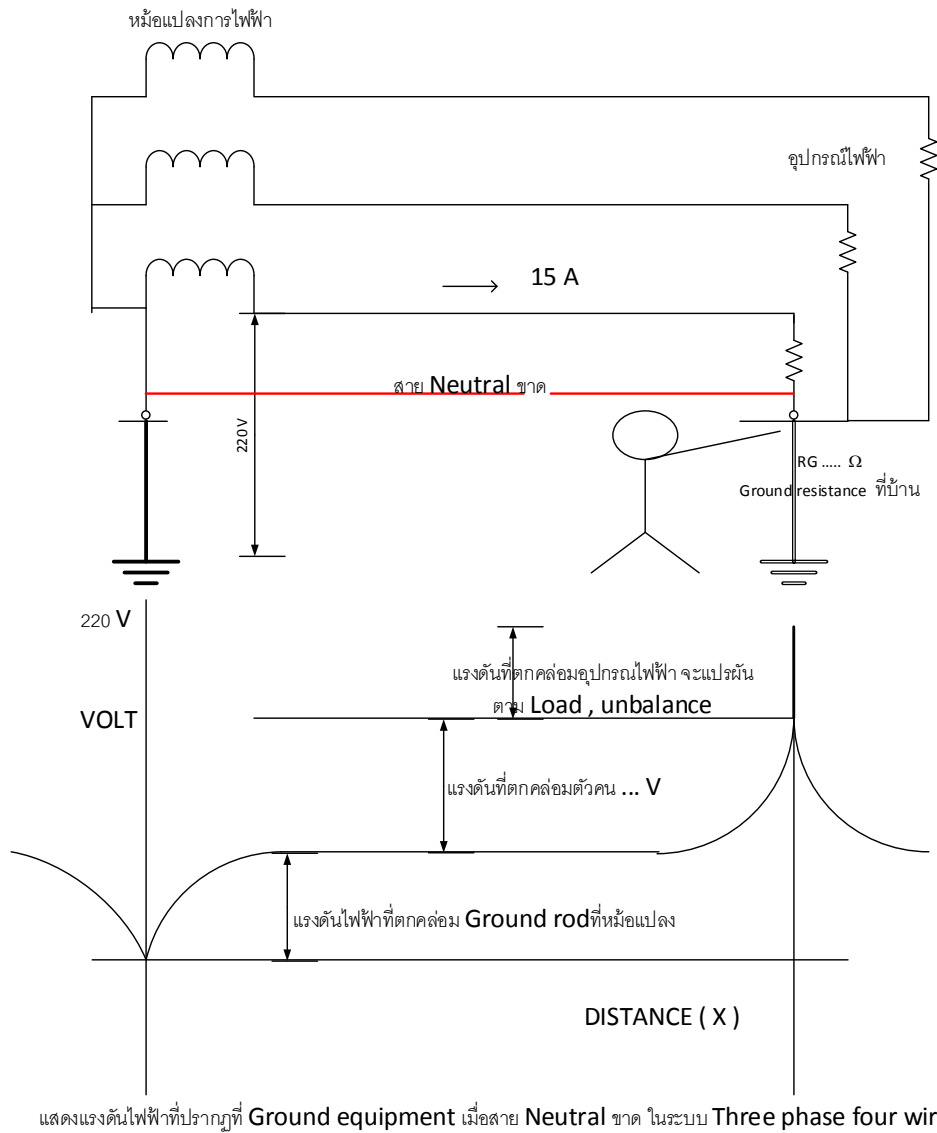
สรุป ค่า Ground resistance ที่เหมาะสมทำให้ปลอดภัยจากการถูกไฟฟ้าดูดควรมีค่า Ground resistance ที่น้อยกว่าด้าน Source side

จากทฤษฎีดังกล่าวจะเห็นว่าที่เคชทองว่า Ground resistance ควรมีค่า 5 Ohm นั้นเป็นความเข้าใจในลักษณะทองไม่มีที่มาว่าทำไมถึงต้อง 5 Ohm หรือไม่ควรมากกว่า 5 Ohm หรือควรมีน้อยกว่า 5 Ohm

อนึ่งในการอธิบายการไหลของกระแสไฟฟ้าที่ผ่านจุด Ground ไม่ควรคิดว่า จุด Ground นั้น ไม่มีความต้านทานแท้ที่จริงจุด Ground นั้นเป็น Voltage source ที่แข็งแกร่งที่จะทำอันตรายต่อใครก็ตามที่มาสัมผัสมัน

จาก ทฤษฎีดังกล่าวสามารถนำไปอธิบายว่าทำไม คนที่ช็อตปลาในน้ำสามารถเดินในน้ำได้ขณะช็อตปลา เนื่องจาก Gradient voltage รอบสายไฟที่จุ่มในน้ำจะลดลงเป็น Gradient ตาม คุณสมบัติของน้ำและดีกว่าดิน ซึ่งจะลดลงในระยะไม่เกิน 2 เมตร

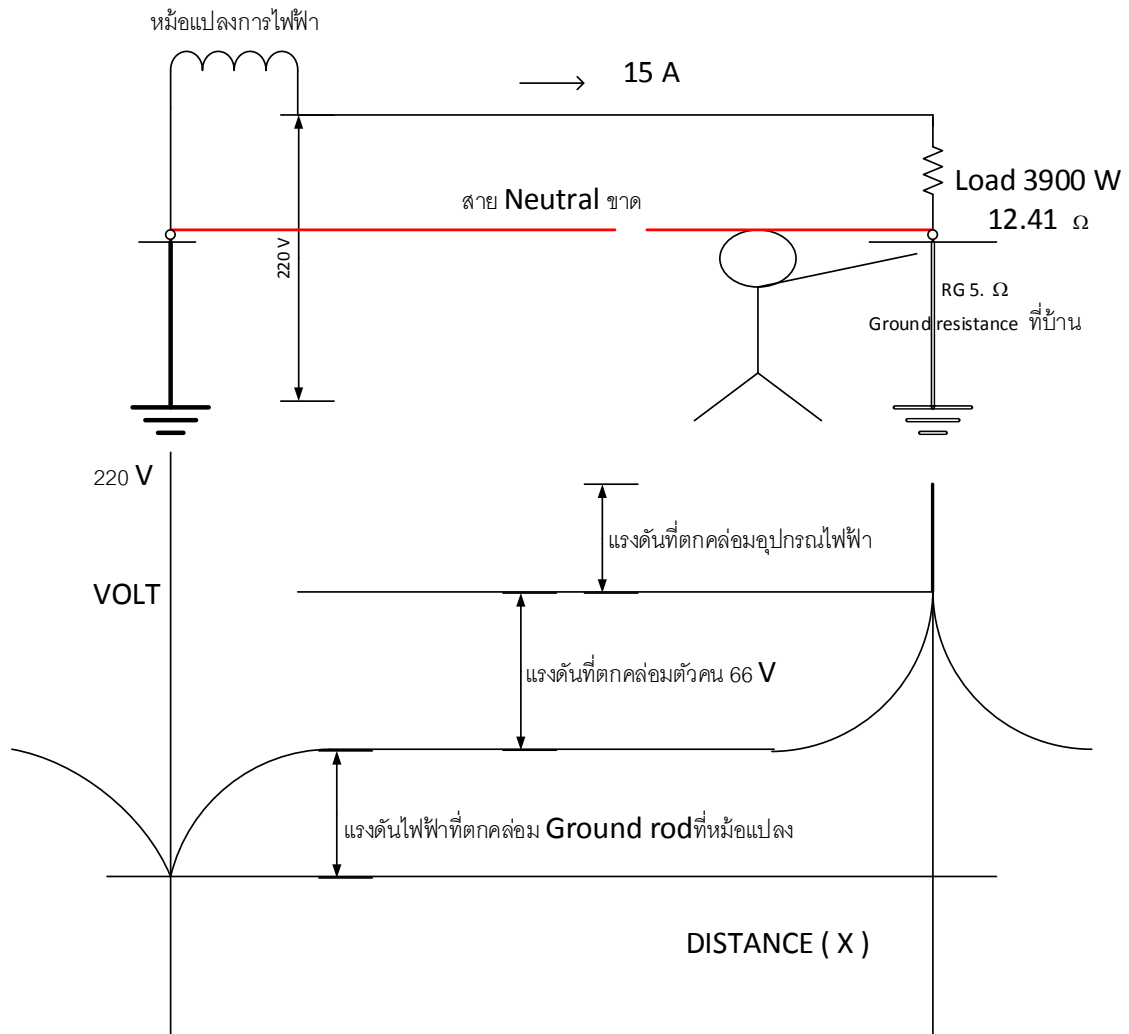
การอธิบายการถูกไฟฟ้าดูดในห้องน้ำเนื่องจากสาย Neutral ขาด ในระบบ Three phase four wire ในกรณีที่ทำตามระเบียบการไฟฟ้าให้ติดตั้งสายดินในระบบ TNC (PME = Protective multiple earth)



รูปที่ 8 แสดงแรงดันไฟฟ้าที่ แท่ง Ground rod ในระบบ Three phase

แรงดันไฟฟ้าที่จะปรากฏที่ Equipment ground จะขึ้นอยู่กับ ปริมาณ Load และการ Unbalance load นอกจากอันตรายจากไฟฟ้าดูดแล้วยังจะเจอกับไฟไหม้บ้านเนื่องจากขนาดสาย Ground ที่ใช้ในแต่ละบ้านเล็กทำให้เมื่อเกิด สาย Neutral ขาด ปริมาณกระแส Load จะไหลผ่านลง Ground โดยผ่านสาย Ground นี้ ทำให้เกิด Over load สายไฟฟ้าวร้อน เกิดเพลิงไหม้ได้

การทดลองการถูกไฟฟ้าช็อตเมื่อสาย Neutral ขาด จากรูปที่ ...9.



แสดงแรงดันไฟฟ้าที่ปรากฏที่ equipment ground เมื่อสาย Neutral ขาด ในระบบ Single phase

รูปที่ 9 แสดงแรงดันไฟฟ้าที่ แท่ง Ground rod เมื่อสาย Neutral ขาด (จากการทดลองจริง)

Current measurement	=	15	A		
Calculate Voltage drop at Equipment ground	=	15 x 5	=	75	V
Calculate voltage drop at Transformer ground	=	15 x 0.5	=	7.5	V
ในทาง ปฏิบัติ วัดแรงดันที่ Equipment ground	=	66	V		

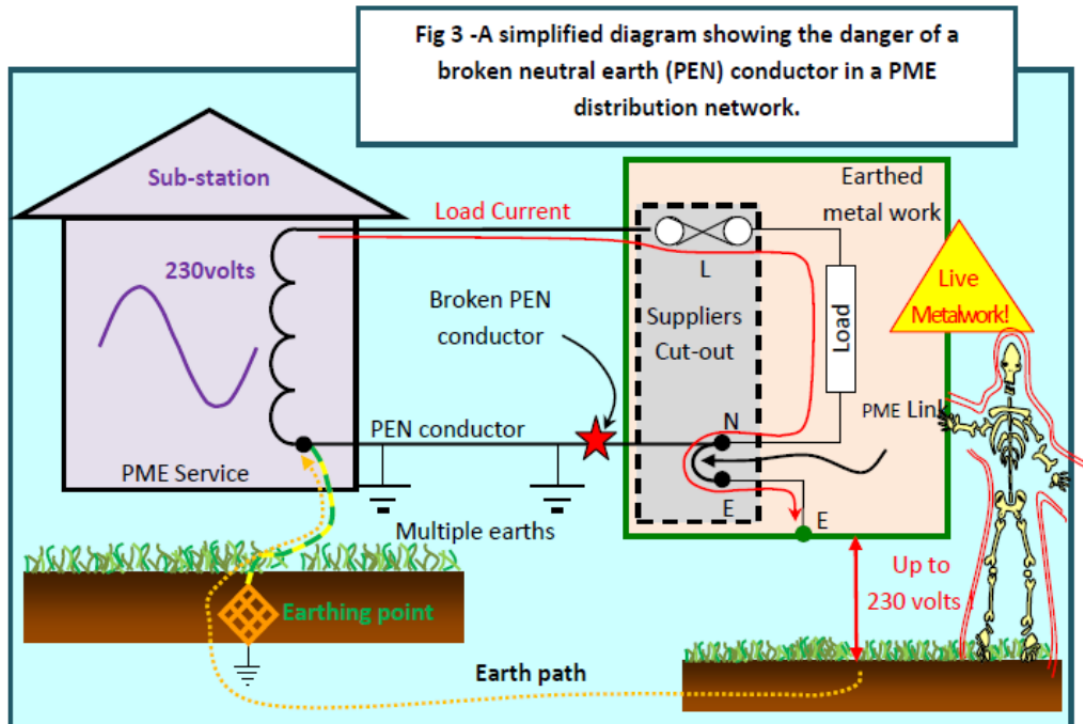
ในบทความเรื่อง Earthing system Wikipedia (เอกสารแนบ) หัวข้อ Comparison ระบุว่า Risk of broken neutral ในระบบ TNS , TNC , TNC S มีความเสี่ยงที่จะถูกไฟฟ้าดูด ขณะเดียวกันระบบ TT จะไม่มีความเสี่ยง

25/3/2560

Earthing system - Wikipedia

	TT	IT	TN-S	TN-C	TN-C-S
Earth fault loop impedance	High	Highest	Low	Low	Low
RCD preferred?	Yes	N/A	Optional	No	Optional
Need earth electrode at site?	Yes	Yes	No	No	Optional
PE conductor cost	Low	Low	Highest	Least	High
Risk of broken neutral	No	No	High	Highest	High
Safety	Safe	Less Safe	Safest	Least Safe	Safe
Electromagnetic interference	Least	Least	Low	High	Low
Safety risks	High loop impedance (step voltages)	Double fault, overvoltage	Broken neutral	Broken neutral	Broken neutral
Advantages	Safe and reliable	Continuity of operation, cost	Safest	Cost	Safety and cost

ในบทความเรื่อง Broken Earth Neutral faults in distribution systems with Traffic Signal loads(เอกสารแนบ) .หน้าที่ 6 ได้อธิบายว่าหากสาย Neutral ขาด ถ้าสัมผัสโครงเหล็กจะถูกไฟฟ้าดูด



ข้อคิดเห็น

การแก้ไข ควรติดตั้งสาย Ground แยกจากสาย Neutral (TT System) และติดตั้ง RCB (Residual current circuit breaker) เพื่อตรวจจับการรั่วของกระแสไฟฟ้า และตัดวงจรไฟฟ้าออกไป

การบริหารความเสี่ยงที่ควรพิจารณา ซึ่งเป็นเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจริง ใครจะรับผิดชอบ

ความเสี่ยงจากการถูกไฟฟ้าดูด เนื่องจากสาย Neutral ขาด ที่ประชาชนควบคุมไม่ได้

ความเสี่ยงจากไฟไหม้บ้านเหตุจาก สาย Ground over load เนื่องจากสาย Neutral ขาด ที่ประชาชนควบคุมไม่ได้

ความเสี่ยงจากถูกไฟฟ้าดูดเนื่องจากการไฟฟ้าสลับสาย Line กับ Neutral ที่ประชาชนควบคุมไม่ได้

ข้อพิจารณา

ขอให้ทบทวนมาตรฐานการต่อลงดินดังนี้

1. จากการที่ให้ผู้ใช้ไฟฟ้านำ Protective earth ต่อร่วมกับสาย Neutral ขอให้แยกออกจากสาย Neutral
2. ทำการติดตั้ง Residual current circuit breaker ทุกบ้าน
3. ช่วยแจ้งประชาชนให้ทำค่า Ground resistance ให้ต่ำเท่าที่ทำได้
4. เนื่องจากมีผู้เสียชีวิตเนื่องจากเดินเข้าใกล้เสาไฟฟ้า หรือพายเรือ เข้าใกล้เสาไฟฟ้า ช่วยแจ้งให้การไฟฟ้าฯ หาวิธีการเตือน และ ป้องกัน Gradient voltage ที่เกิดรอบเสาไฟฟ้า .

ขอแสดงความนับถือ

ชาญวิทย์ คุรุแก้ว

T 0818208835

เอกสารอ้างอิง : Earthing system From Wikipedia, the free encyclopedia

: Broken Earth Neutral faults in distribution systems with Traffic Signal loads.

: LV NETWORK EARTHING DESIGN

: ผลการทดลอง - ผลของแรงดันที่ Equipment ground เมื่อสาย Neutral ขาด

: IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding