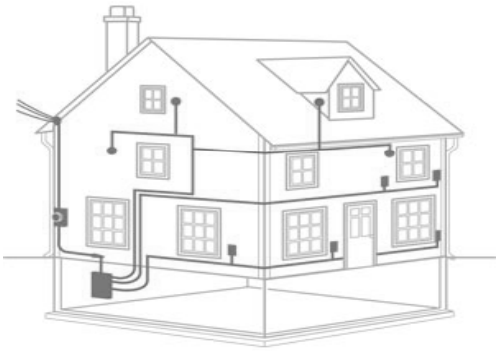


กิตติพงษ์ วีระโพธิ์ประสิทธิ์

บทที่ 4 การต่อลงดิน(Grounding)

มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2556

ประวัติ นายกิตติพงษ์ วีระโพธิ์ประสิทธิ์

การศึกษา

- ป. ตรี วิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า (KMITT)
- ป. โท การจัดการภาครัฐและเอกชน (NIDA)
- Graduate Level programs in Power Engineering in Electrical Power Distribution ;Pennsylvania State University

ที่ทำงาน ผู้อำนวยการไฟฟ้าเขตสมุทรปราการ การไฟฟ้านครหลวง

ประสบการณ์ทำงาน

- คณะอนุกรรมการและผู้ชำนาญพิเศษในการทดสอบความรู้ความชำนาญผู้ประกอบวิชาชีพ ระดับภาคีพิเศษ สามัญ วิศวกร และวุฒิวิศวกร สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า ของสภาวิศวกร(2547-ปัจจุบัน)
- คณะกรรมการสาขาไฟฟ้าและคณะอนุกรรมการร่างมาตรฐาน ของ ว.ส.ท.(ตั้งแต่ ปี 2537- ถึงปัจจุบัน)
- วิทยากรบรรยายเรื่อง “มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทยและการออกแบบระบบไฟฟ้า” ของ ว.ส.ท (ตั้งแต่ปี 2544-ปัจจุบัน)
- ประธานสาขาวิศวกรรมไฟฟ้า วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ (วสท.) ประจำปี พ.ศ. 2557 - 2559

- บทที่ 1 นิยามและข้อกำหนดทั่วไป
- บทที่ 2 มาตรฐานสายไฟฟ้าและบริภัณฑ์ไฟฟ้า
- บทที่ 3 ตัวนำประธาน สายป้อน วงจรย่อย
- บทที่ 4 การต่อลงดิน
- บทที่ 5 การเดินสายและวัสดุ
- บทที่ 6 บริภัณฑ์ไฟฟ้า

เป็นมาตรฐานหลักสำหรับงานออกแบบและงานติดตั้งทางไฟฟ้า

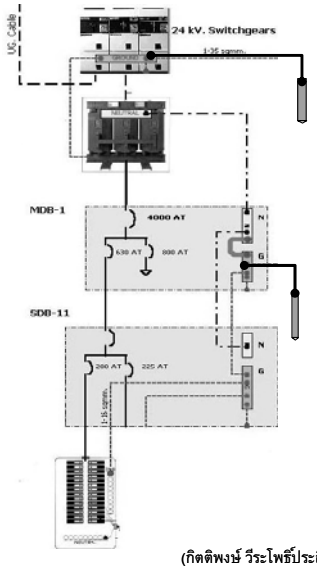
- บทที่ 7 บริเวณอันตราย
- บทที่ 8 สถานที่เฉพาะ
- บทที่ 9 อาคารชุด อาคารสูงหรืออาคารขนาดใหญ่พิเศษ
- บทที่ 10 บริภัณฑ์เฉพาะงาน
- บทที่ 11 มาตรฐานการทนไฟของสายไฟฟ้า
- บทที่ 12 วงจรไฟฟ้าช่วยชีวิต
- บทที่ 13 อาคารเพื่อการสาธารณะใต้ผิวดิน
- บทที่ 14 การติดตั้งไฟฟ้าชั่วคราว

ใช้เป็นมาตรฐานเสริมสำหรับงานออกแบบและงานติดตั้งทางไฟฟ้าที่เพิ่มเติมจากบทที่ 1 ถึง 6

EIT Standard 2556

(กิตติพงษ์ วีระโพธิ์ประสิทธิ์ มาตรฐาน ว.ส.ท. 2556 บทที่ 4)

บทที่ 4 การต่อลงดิน



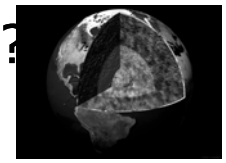
- 4.1 วงจรและระบบไฟฟ้าที่ต้องต่อลงดิน
- 4.2 วงจรและระบบไฟฟ้าที่ห้ามต่อลงดิน
- 4.3 การต่อลงดินของหม้อแปลงไฟฟ้า
- 4.4 การต่อลงดินของระบบประธาน
- 4.5 การต่อฝากของระบบประธานแรงต่ำ
- 4.6 ขนาดสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า

(กิตติพงษ์ วีระโพธิ์ประสิทธิ์ มาตรฐาน ว.ส.ท. 2556 บทที่ 4)

มาตรฐานการต่อลงดิน

- ว.ส.ท. 2001-51 บทที่ 4 " การต่อลงดิน "
- NEC Article 250 " Grounding "
- IEC 60364-5-54 " Earthing Arrangement and Protective Conductors "

การต่อลงดินหมายถึง ???



การต่อลงดิน คือ.....

"การนำตัวนำในวงจรบางส่วนต่อลงดินที่พื้นโลก **(EARTH)** หรือต่อเข้ากับจุดต่อลงดิน ซึ่งทำเพื่อใช้อ้างอิงเป็นจุดต่อลงดินของระบบไฟฟ้า"

ตัวอย่างการต่อลงดิน

"ของระบบป้องกันฟ้าผ่า ของระบบไฟฟ้า ของเสาส่งไฟฟ้าที่หม้อแปลงไฟฟ้า ของระบบคอมพิวเตอร์ และการต่อลงดินของระบบไฟฟ้าแรงต่ำในอาคาร"

การต่อลงดินของระบบต่าง ๆ

- การต่อลงดินที่สถานีไฟฟ้าย่อย
- การต่อลงดินที่เสาส่งไฟฟ้า
- การต่อลงดินที่หม้อแปลงไฟฟ้า
- การต่อลงดินของระบบป้องกันฟ้าผ่า
- การต่อลงดินของระบบคอมพิวเตอร์
- การต่อลงดินของระบบไฟฟ้าแรงต่ำในอาคาร

(กิตติพงษ์ วีระโพธิ์ประสิทธิ์ มาตรฐาน ว.ส.ท. 2556 บทที่ 4) 7

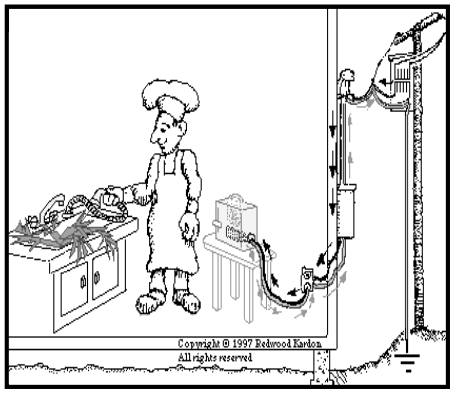
จุดประสงค์ของการต่อลงดิน

1) เพื่อความปลอดภัย
2) เพื่อให้ระบบไฟฟ้ามีคุณภาพ
3) เพื่อให้อุปกรณ์ป้องกันทำงานเมื่อเกิดลัดวงจรลงดิน

(กิตติพงษ์ วีระโพธิ์ประสิทธิ์ มาตรฐาน ว.ส.ท. 2556 บทที่ 4) 8

อันตรายจากไฟฟ้า

อันตรายจากไฟฟ้า...แบ่งเป็น



ไฟฟ้าดูด
(เป็นอันตรายต่อบุคคล)

- สัมผัสโดยตรง(Direct contact)
- สัมผัสโดยอ้อม(Indirect contact)

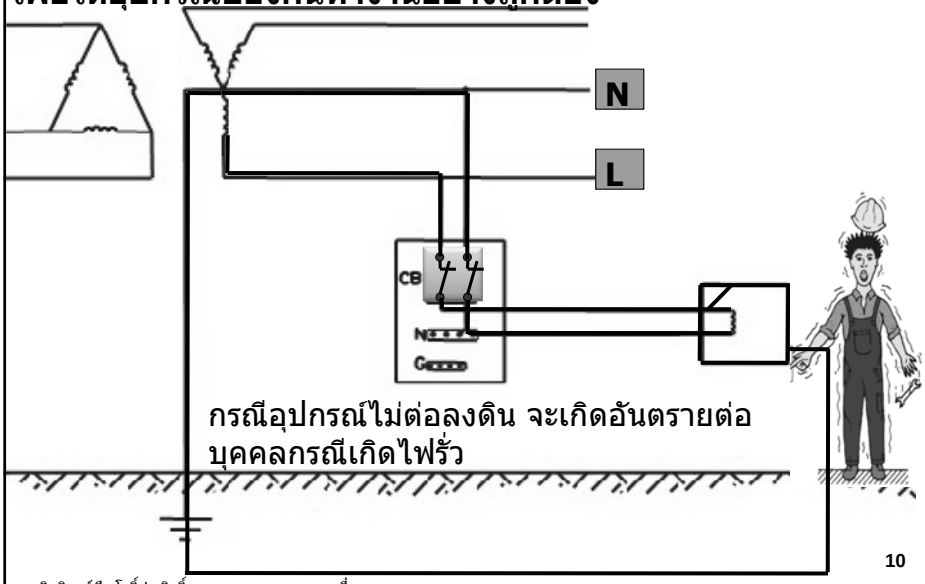
ไฟฟ้าลัดวงจร
(เป็นอันตรายต่อบุคคลและทรัพย์สิน)

(กิตติพงษ์ วีระโพธิ์ประสิทธิ์ มาตรฐาน ว.ส.ท. 2556 บทที่ 4)

9

การต่อลงดินเพื่อความปลอดภัย

เพื่อให้อุปกรณ์ป้องกันทำงานอย่างถูกต้อง



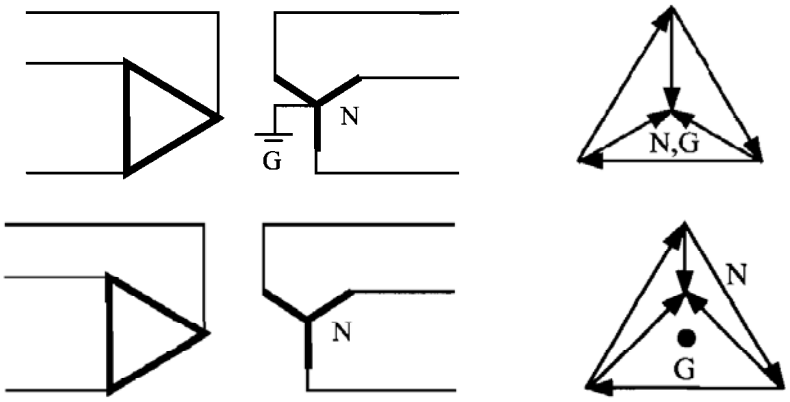
กรณีอุปกรณ์ไม่ต่อลงดิน จะเกิดอันตรายต่อบุคคลกรณีเกิดไฟรั่ว

10

(กิตติพงษ์ วีระโพธิ์ประสิทธิ์ มาตรฐาน ว.ส.ท. 2556 บทที่ 4)

การต่อลงดินเพื่อคุณภาพไฟฟ้าที่ดี

การต่อลงดินระบบแรงต่ำ(N ลงดิน)
เพื่อลดแรงดันเกิน,แรงดันตกกรณีโหลดไม่สมดุลย์



11

(กิตติพงษ์ วีระโพธิ์ประสิทธิ์ มาตรฐาน ว.ส.ท. 2556 บทที่ 4)

การป้องกันการสัมผัสส่วนที่มีไฟฟ้า

สัมผัสโดยตรง

- หุ้มฉนวนส่วนที่มีไฟฟ้า
- ที่กั้น หรือใส่ตู้
- มีสิ่งกีดขวางหรือทำรั้วกั้น
- ติดตั้งอยู่ในระยะที่เอื้อมไม่ถึง
- ใช้อุปกรณ์ป้องกันภัยส่วนบุคคล (PPE)

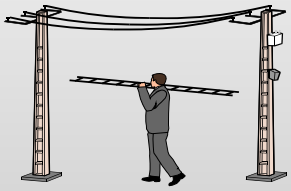
สัมผัสโดยอ้อม

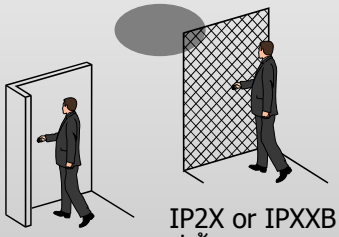
- การต่อลงดินและมีเครื่องปลดวงจรอัตโนมัติ
- เครื่องใช้ไฟฟ้าชนิดฉนวน 2 ชั้น
- ใช้แรงดันต่ำพิเศษ (≤ 50 V)
- ป้องกันเสริมด้วยเครื่องตัดไฟรั่ว

(กิตติพงษ์ วีระโพธิ์ประสิทธิ์ มาตรฐาน ว.ส.ท. 2556 บทที่ 4)

12

การป้องกันการสัมผัสส่วนที่มีไฟฟ้า

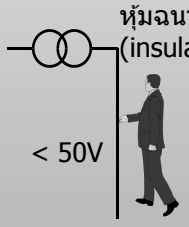




IP2X or IPXXB
ที่กั้น หรือใส่ตู้

ติดตั้งอยู่ในระยะที่
เอื้อมไม่ถึง

หุ้มฉนวนส่วนที่มีไฟฟ้า
(insulation)



< 50V

ใช้แรงดันต่ำพิเศษ

+ การต่อลงดินและมีเครื่องปลดวงจรอัตโนมัติ

+ ป้องกันเสริมด้วยเครื่องตัดไฟรั่ว

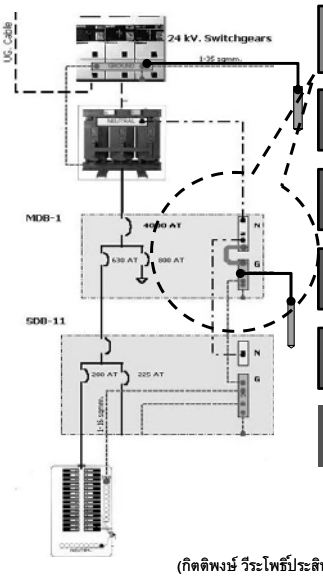
เครื่องห่อหุ้มหรือที่ล้อม(Enclosure)

มีรั้วกั้น

ใช้อุปกรณ์ป้องกันภัยส่วนบุคคล

(กิตติพงษ์ วีระโพธิ์ประสิทธิ์ มาตรฐาน ว.ส.ท. 2556 บทที่ 4) 15

บทที่ 4 การต่อลงดิน



4.1 วงจรและระบบไฟฟ้าที่ต้องต่อลงดิน

4.2 วงจรและระบบไฟฟ้าที่ห้ามต่อลงดิน

4.3 การต่อลงดินของหม้อแปลงไฟฟ้า

4.4 การต่อลงดินของระบบประธาน

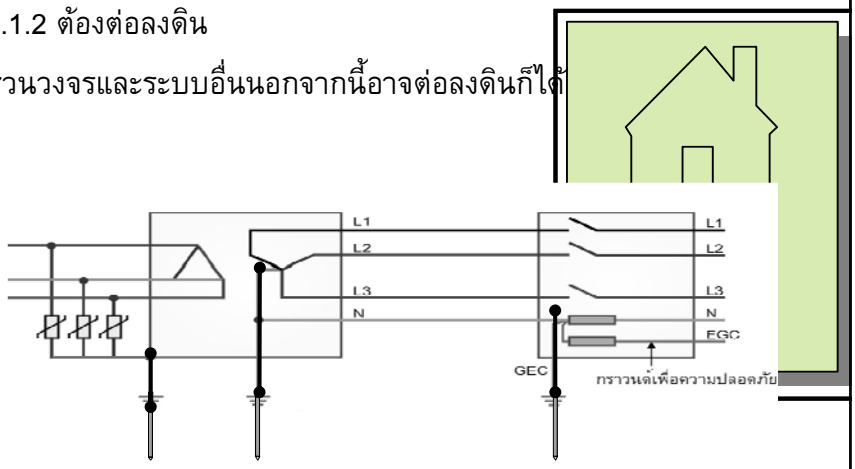
4.5 การต่อฝากของระบบประธานแรงต่ำ

4.6 ขนาดสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า

(กิตติพงษ์ วีระโพธิ์ประสิทธิ์ มาตรฐาน ว.ส.ท. 2556 บทที่ 4) 16

4.1 วงจรและระบบไฟฟ้ากระแสสลับที่ต้องต่อลงดิน (Grounding Service-Supplied AC. Systems

- วงจรและระบบไฟฟ้ากระแสสลับตามที่กำหนดไว้ในข้อ 4.1.1 ถึง 4.1.2 ต้องต่อลงดิน
- ส่วนวงจรและระบบอื่นนอกจากนี้อาจต่อลงดินก็ได้



(กิตติพงษ์ วีระโพธิ์ประสิทธิ์ มาตรฐาน ว.ส.ท. 2556 บทที่ 4)

17

ทำไมต้องต่อระบบไฟฟ้าลงดิน ?? (System Grounding)

1) จำกัดแรงดันเกิน เนื่องจาก.....
   - ฟ้าผ่า (Lightning)
   - เสิร์จในสาย (Line Surge)
   - สายแรงต่ำสัมผัสกับสายแรงสูงโดยบังเอิญ (Accidental Touching)
2) ทำให้แรงดันเทียบกับดินมีเสถียรภาพ
3) เครื่องป้องกันกระแสเกิน(Ground fault) ทำงานได้รวดเร็วขึ้น

(กิตติพงษ์ วีระโพธิ์ประสิทธิ์ มาตรฐาน ว.ส.ท. 2556 บทที่ 4)

18

พื้นฐานการต่อลงดิน

การต่อลงดินในทางไฟฟ้าแยกออกเป็น

- 1.การต่อลงดินของอุปกรณ์ไฟฟ้า (EQIUPMENT GROUNDING)
- 2. การต่อลงดินของระบบไฟฟ้า (SYSTEM GROUNDING)
- 3. การต่อลงดินของระบบป้องกันฟ้าผ่า (LIGHTNING PROTECTION GROUNDING)

พื้นฐานการต่อลงดิน

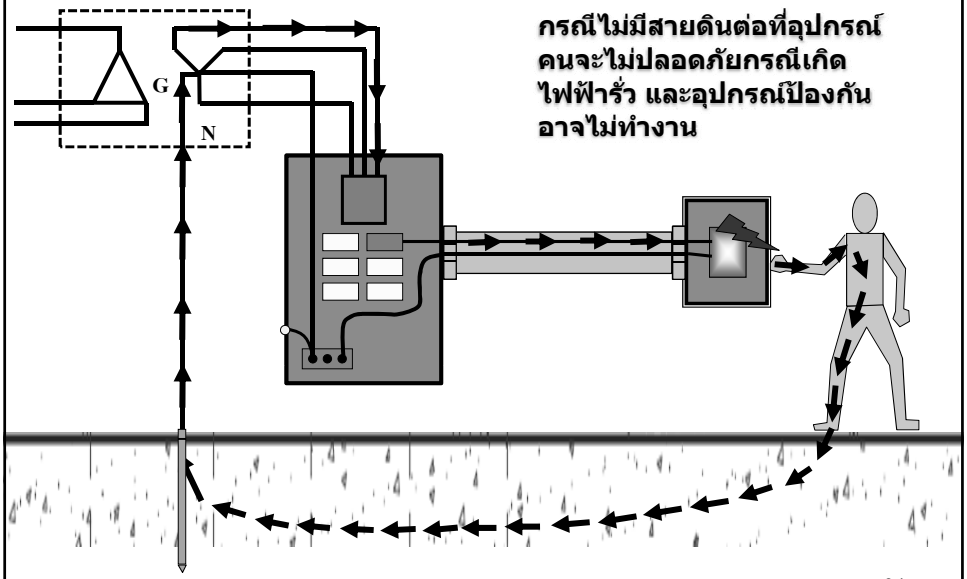
1. การต่อลงดินของอุปกรณ์ไฟฟ้า(EQUIPMENT GROUNDING)

- อุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีเปลือกนอกเป็นโลหะซึ่งอาจมีแรงดันไฟฟ้าได้ (เกิดจากการรั่วหรือจากการเหนี่ยวนำ) ต้องต่อลงดินเพื่อเพิ่มความปลอดภัยต่อบุคคล และให้อุปกรณ์ป้องกันทำงานได้อย่างถูกต้อง

2. การต่อลงดินของระบบไฟฟ้า(SYSTEM GROUNDING)

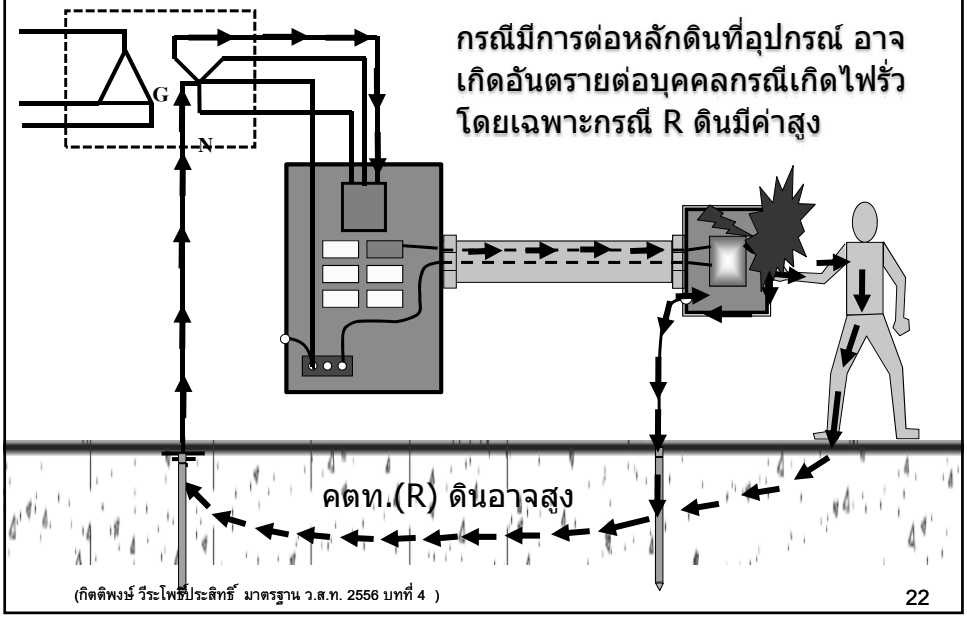
- คือการนำสาย NEUTRAL ลงดิน เพื่อทำให้อุปกรณ์ป้องกันทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ กรณีเกิด single line to ground fault และลดแรงดันเกินหรือแรงดันตกกรณีโหลดไม่สมดุล

พื้นฐานการต่อลงดิน



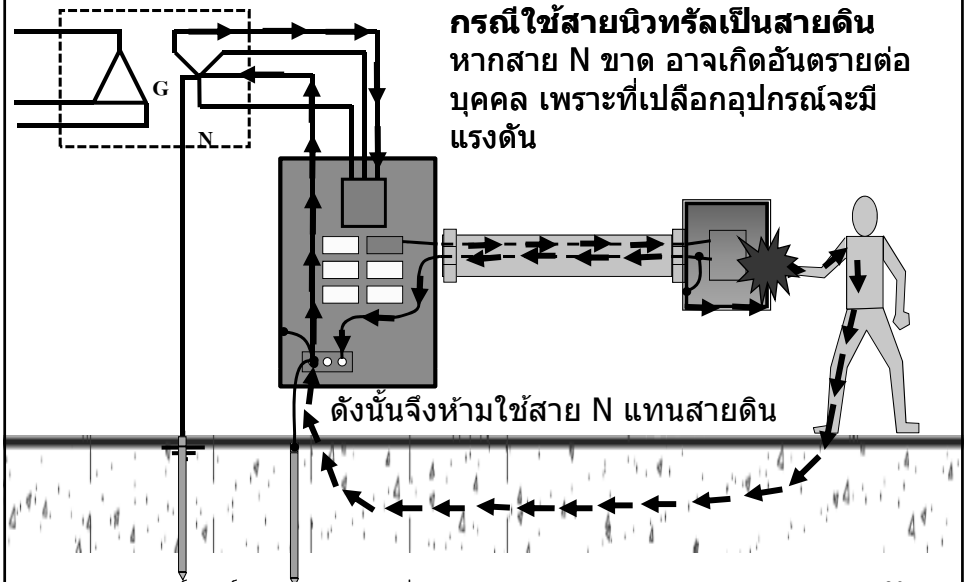
กรณีไม่มีสายดินต่อที่อุปกรณ์ คนจะไม่ปลอดภัยกรณีเกิดไฟฟ้ารั่ว และอุปกรณ์ป้องกันอาจไม่ทำงาน

พื้นฐานการต่อลงดิน



กรณีมีการต่อหลักดินที่อุปกรณ์ อาจเกิดอันตรายต่อบุคคลกรณีเกิดไฟรั่ว โดยเฉพาะกรณี R ดินมีค่าสูง

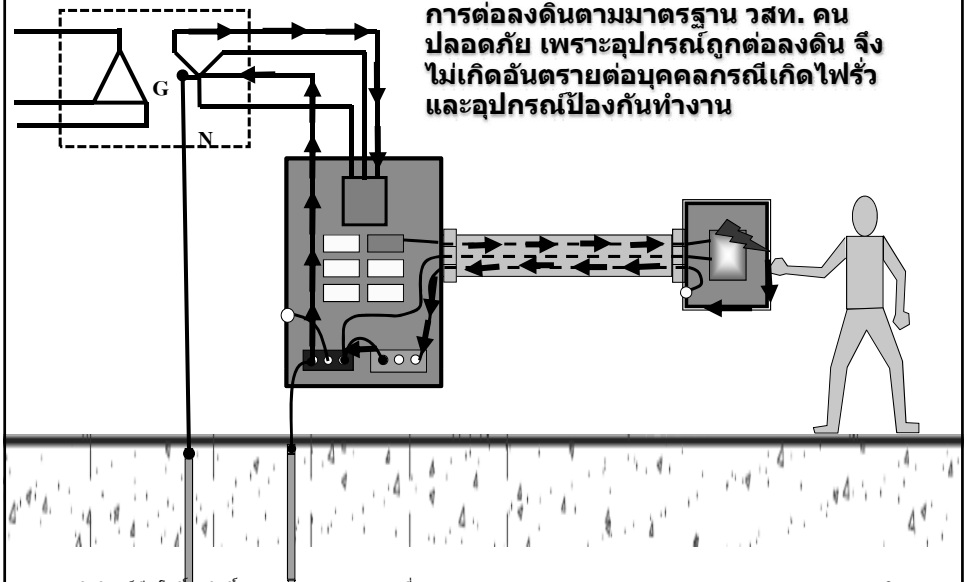
พื้นฐานการต่อลงดิน



กรณีใช้สายนิวทรัลเป็นสายดิน
หากสาย N ขาด อาจเกิดอันตรายต่อบุคคล เพราะที่เปลือกอุปกรณ์จะมีแรงดัน

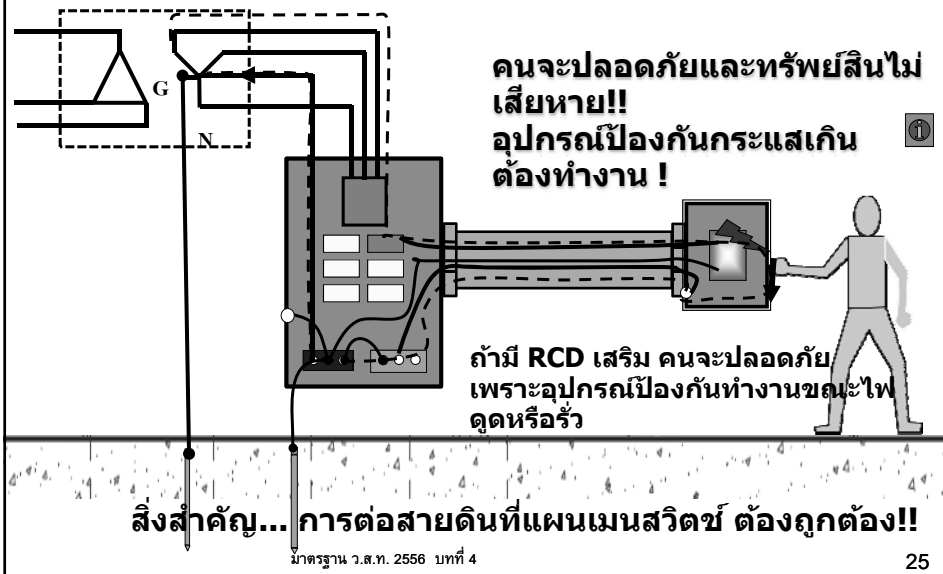
ดังนั้นจึงห้ามใช้สาย N แทนสายดิน

พื้นฐานการต่อลงดิน



การต่อลงดินตามมาตรฐาน วสท. คน ปลอดภัย เพราะอุปกรณ์ถูกต่อลงดิน จึง ไม่เกิดอันตรายต่อบุคคลกรณีเกิดไฟรั่ว และอุปกรณ์ป้องกันทำงาน

พื้นฐานการต่อลงดิน



สิ่งสำคัญ... การต่อสายดินที่แผงเมนสวิตช์ ต้องถูกต้อง!!

มาตรฐาน ว.ส.ท. 2556 บทที่ 4

25

4.1 วงจรและระบบไฟฟ้ากระแสสลับที่ต้องต่อลงดิน

ข้อ 4.1.1 ระบบไฟฟ้าที่มีแรงดันไฟฟ้าเกิน 50 โวลต์ แต่ไม่เกิน 1,000 โวลต์ ต้องต่อลงดินเมื่อมีสภาพตามข้อใดข้อหนึ่งดังต่อไปนี้

- ก) เป็นระบบ 1 เฟส 2 สาย
- ข) เป็นระบบ 1 เฟส 3 สาย
- ค) เป็นระบบ 3 เฟส 3 สาย
- ง) เป็นระบบ 3 เฟส 4 สาย

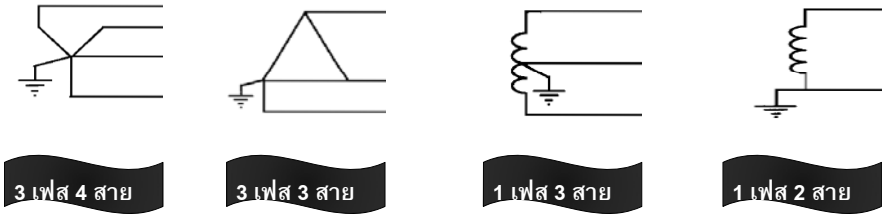
(กิตติพงษ์ วีระโพธิ์ประสิทธิ์ มาตรฐาน ว.ส.ท. 2556 บทที่ 4)

26

4.1 วงจรและระบบไฟฟ้ากระแสสลับ

วงจรและระบบไฟฟ้ากระแสสลับที่ต้องต่อลงดิน
แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มคือ

1. ระบบไฟฟ้าที่มีแรงดันตั้งแต่ ≥ 50 และ < 1000 V
2. ระบบไฟฟ้าที่มีแรงดัน ≥ 1000 V ขึ้นไป

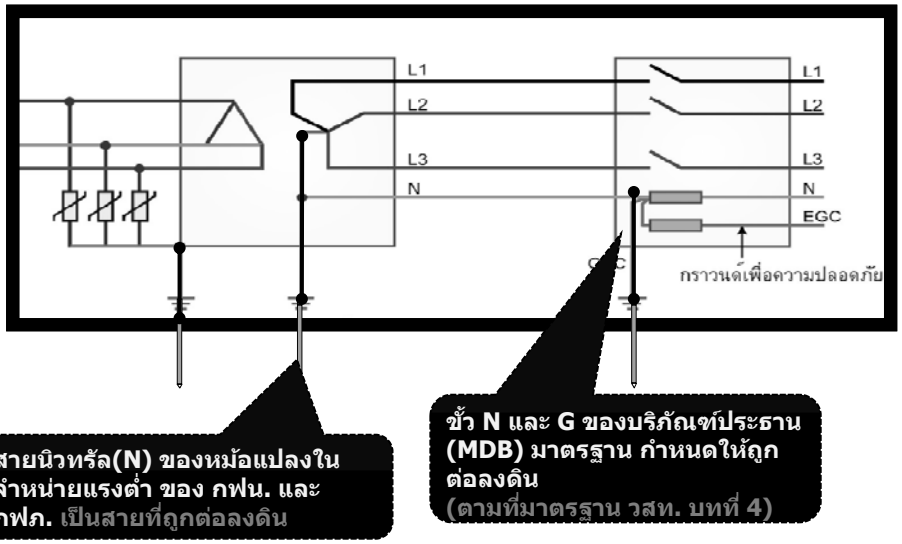


3 เฟส 4 สาย | 3 เฟส 3 สาย | 1 เฟส 3 สาย | 1 เฟส 2 สาย

(กิตติพงษ์ วีระโพธิ์ประสิทธิ์ มาตรฐาน ว.ส.ท. 2556 บทที่ 4)

27

ระบบการต่อลงดินในประเทศไทย



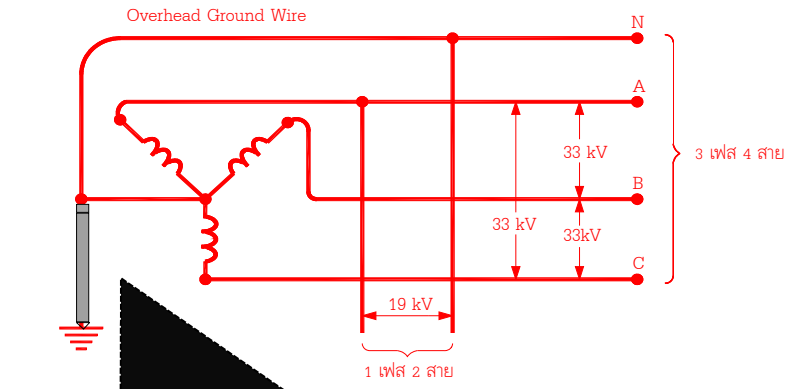
สายนิวทรัล(N) ของหม้อแปลงในจำหน่ายแรงต่ำ ของ กฟน. และ กฟภ. เป็นสายที่ถูกต่อลงดิน

ขั้ว N และ G ของบริภัณฑ์ประธาน (MDB) มาตรฐาน กำหนดให้ถูกต่อลงดิน (ตามที่มาตรฐาน วสท. บทที่ 4)

(กิตติพงษ์ วีระโพธิ์ประสิทธิ์ มาตรฐาน ว.ส.ท. 2556 บทที่ 4)

28

การต่อลงดินที่หม้อแปลงจำหน่ายไฟฟ้าแรงกลาง 22 kV หรือ 33 kV 3 เฟส 3 สาย ของ กฟภ.

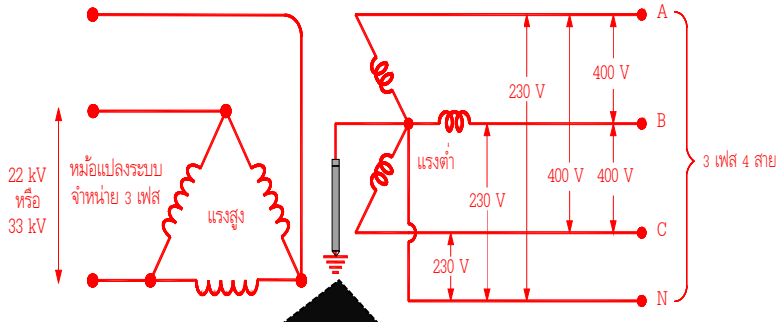


สายนิวทรัล(N) ของหม้อแปลงในจำหน่ายแรงกลางของ กฟภ.
จะถูกต่อลงดินโดยตรง(Solidly Grounded System)

EIT Standard 2001-51 (บทที่ 4)

29

การต่อลงดินที่หม้อแปลงจำหน่ายไฟฟ้าแรงต่ำ 400/230V 3 เฟส 4 สาย ของ กฟภ.



ที่ขั้วสายนิวทรัล(N) ของหม้อแปลงในจำหน่ายแรงต่ำของ กฟภ.
จะถูกต่อลงดินโดยตรง(Solidly Grounded System)

EIT Standard 2001-51 (บทที่ 4)

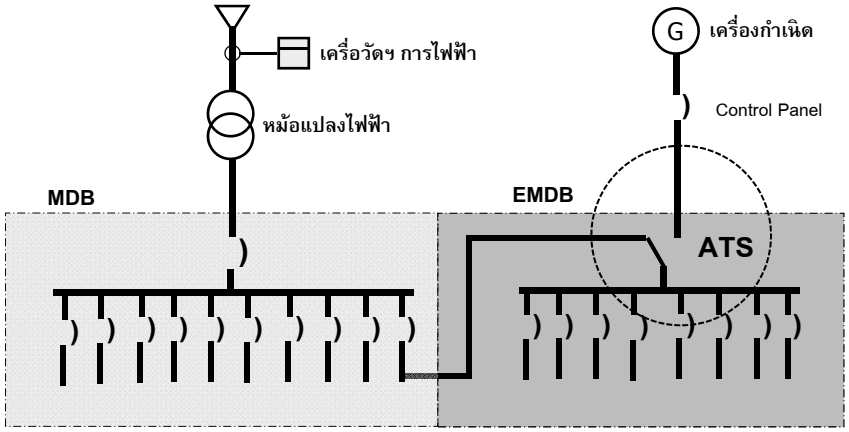
30

วงจรที่ไม่บังคับให้ต่อลงดิน (ข้อยกเว้น)

- ระบบฯ ที่มีตัวจ่ายแยกต่างหาก (Separately Derived Systems)
- ระบบฯ ที่รับไฟจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า หม้อแปลงไฟฟ้า คอนเวอร์เตอร์ที่มีขดลวด มีจุดประสงค์เพื่อจ่ายไฟให้ระบบไฟฟ้าพิเศษและไม่มีการต่อทางไฟฟ้ากับวงจรระบบอื่น
- หากต่อลงดินจะต้องปฏิบัติตาม ข้อ 4.6

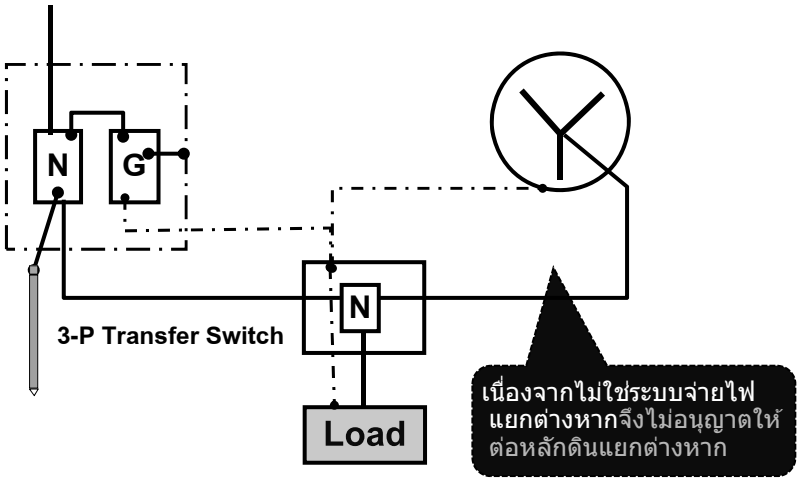
(กิตติพงษ์ วีระโพธิ์ประสิทธิ์ มาตรฐาน ว.ส.ท. 2556 บทที่ 4) 31

ระบบจ่ายพลังงานไฟฟ้าสำรองฉุกเฉิน

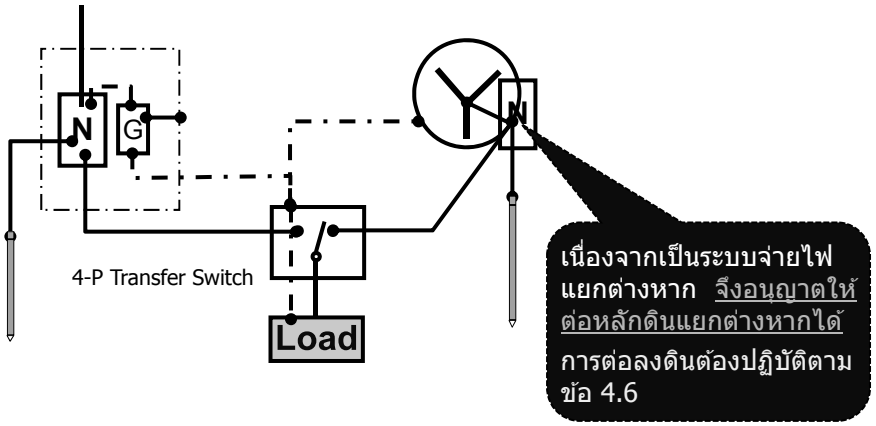


(กิตติพงษ์ วีระโพธิ์ประสิทธิ์ มาตรฐาน ว.ส.ท. 2556 บทที่ 4) 32

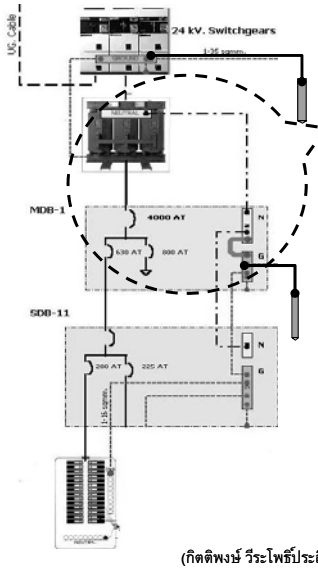
ระบบที่ไม่ถือว่าเป็นระบบจ่ายไฟแยกต่างหาก



กรณีเป็นระบบจ่ายไฟแยกต่างหาก (Separately Derived System)



บทที่ 4 การต่อลงดิน



4.1 วงจรและระบบไฟฟ้าที่ต้องต่อลงดิน

4.2 วงจรและระบบไฟฟ้าที่ห้ามต่อลงดิน

4.3 การต่อลงดินของหม้อแปลงไฟฟ้า

4.4 การต่อลงดินของระบบประธาน

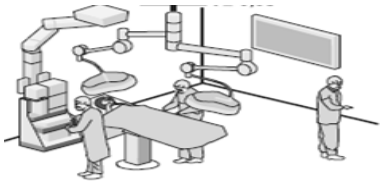
4.5 การต่อฝากของระบบประธานแรงต่ำ

4.6 ขนาดสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า

(กิตติพงษ์ วีระโพธิ์ประสิทธิ์ มาตรฐาน ว.ส.ท. 2556 บทที่ 4) 35

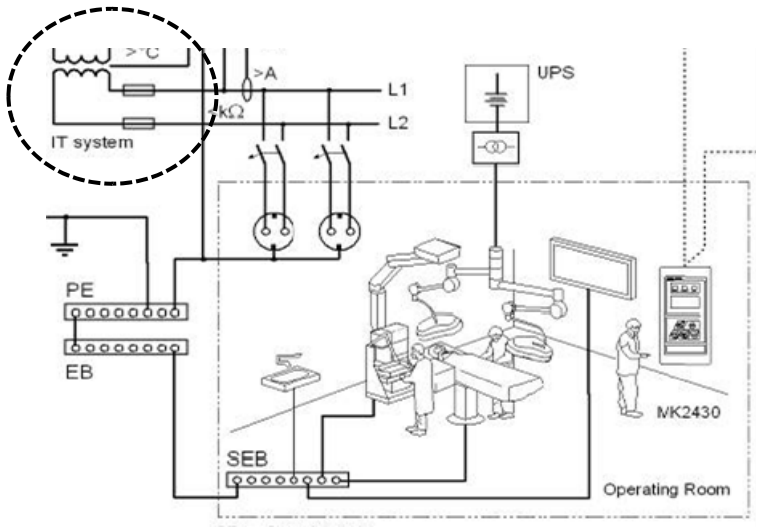
4.2 วงจรและระบบไฟฟ้าที่ห้ามต่อลงดิน

- ข้อ 4.2.1 วงจรของปั้นจั่นที่ใช้งานอยู่เหนือวัสดุเส้นใยที่อาจลุกไหม้ได้ ซึ่งอยู่ในบริเวณอันตราย
  - เนื่องจากอาจเกิดความไม่ปลอดภัยจากอุบัติเหตุได้
- ข้อ 4.2.2 วงจรในสถานดูแลสุขภาพ (health care facility) เช่น วงจรในห้องผ่าตัดสำหรับโรงพยาบาล หรือ คลินิก
  - เนื่องจากไฟฟ้าดับอาจมีผลต่อชีวิตได้



(กิตติพงษ์ วีระโพธิ์ประสิทธิ์ มาตรฐาน ว.ส.ท. 2556 บทที่ 4) 36

ต.ย.วงจรไฟฟ้าที่ห้ามต่อลงดิน

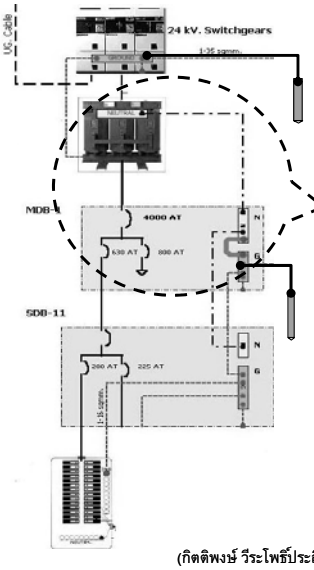


Medical IT Systems

(กิตติพงษ์ วีระโพธิ์ประสิทธิ์ มาตรฐาน ว.ส.ท. 2556 บทที่ 4)

37

บทที่ 4 การต่อลงดิน



4.1 วงจรและระบบไฟฟ้าที่ต้องต่อลงดิน

4.2 วงจรและระบบไฟฟ้าที่ห้ามต่อลงดิน

4.3 การต่อลงดินของหม้อแปลงไฟฟ้า

4.4 การต่อลงดินของระบบประธาน

4.5 การต่อฝากของระบบประธานแรงต่ำ

4.6 ขนาดสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า

(กิตติพงษ์ วีระโพธิ์ประสิทธิ์ มาตรฐาน ว.ส.ท. 2556 บทที่ 4)

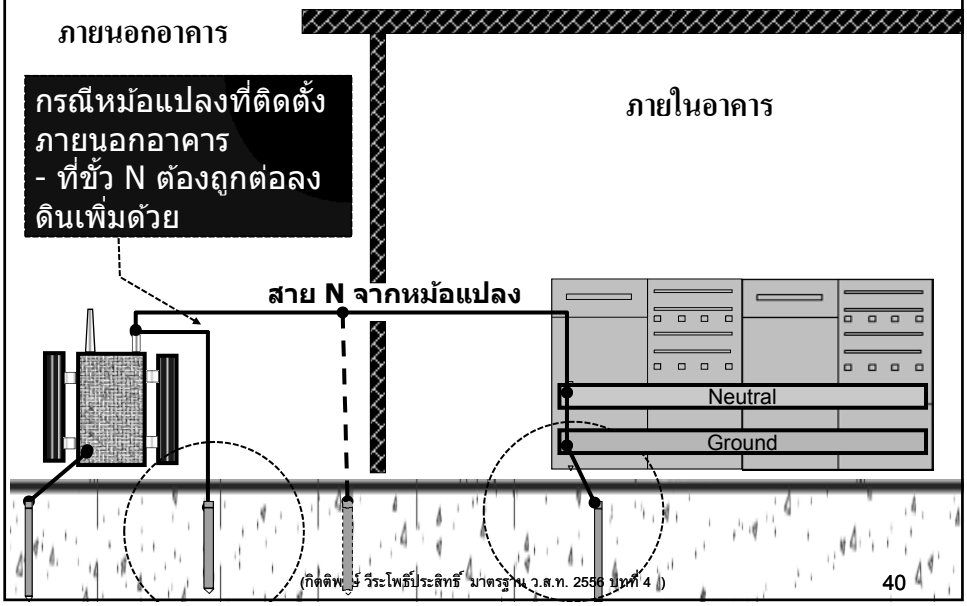
38

4.3 การต่อลงดินของหม้อแปลงไฟฟ้า

- **ข้อ 4.3.1 ระบบไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าที่ต้องต่อลงดินตามข้อ 4.1 จะต้องต่อลงดินที่บริภัณฑ์ประธานแต่ละชุด จุดต่อลงดินต้องอยู่ในจุดที่เข้าถึงสะดวกที่ปลายตัวนำประธาน หรือบัส หรือขั้วต่อที่ต่อเข้ากับตัวนำนิวทรัลของตัวนำประธานภายในบริภัณฑ์ประธาน ในกรณีหม้อแปลงไฟฟ้าติดตั้งภายนอกอาคารจะต้องต่อลงดินเพิ่มอีกอย่างน้อย 1 จุด ทางด้านไฟออกของหม้อแปลงไฟฟ้า ณ จุดที่ติดตั้งหม้อแปลงหรือจุดอื่นที่เหมาะสม ห้ามต่อลงดินที่จุดอื่น ๆ อีกทางด้านไฟออกของบริภัณฑ์ประธาน**

(กิตติพงษ์ วีระโพธิ์ประสิทธิ์ มาตรฐาน ว.ส.ท. 2556 บทที่ 4) 39

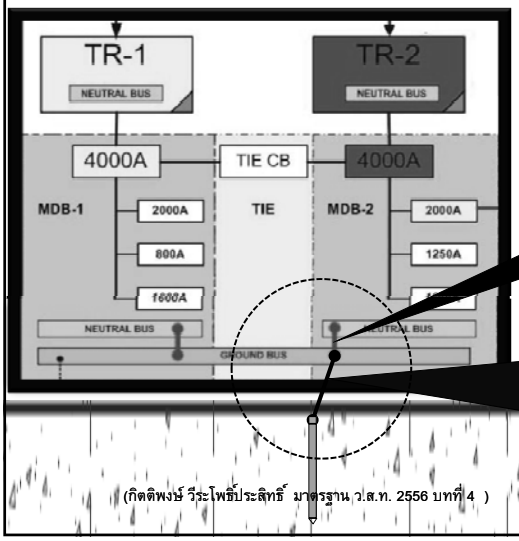
4.3 การต่อลงดินของหม้อแปลงไฟฟ้า



(กิตติพงษ์ วีระโพธิ์ประสิทธิ์ มาตรฐาน ว.ส.ท. 2556 บทที่ 4) 40

4.3 การต่อลงดินของหม้อแปลงไฟฟ้า

การต่อระบบไฟฟ้าลงดินของระบบประธานแรงต่ำ



ข้อยกเว้นที่ 1
- กรณีประธานมีมากกว่า 1 ชุด ที่อยู่ในเครื่องห่อหุ้มเดียวกันหรือติดกัน
- สายต่อหลักดินใช้เพียง 1 ชุดก็ได้

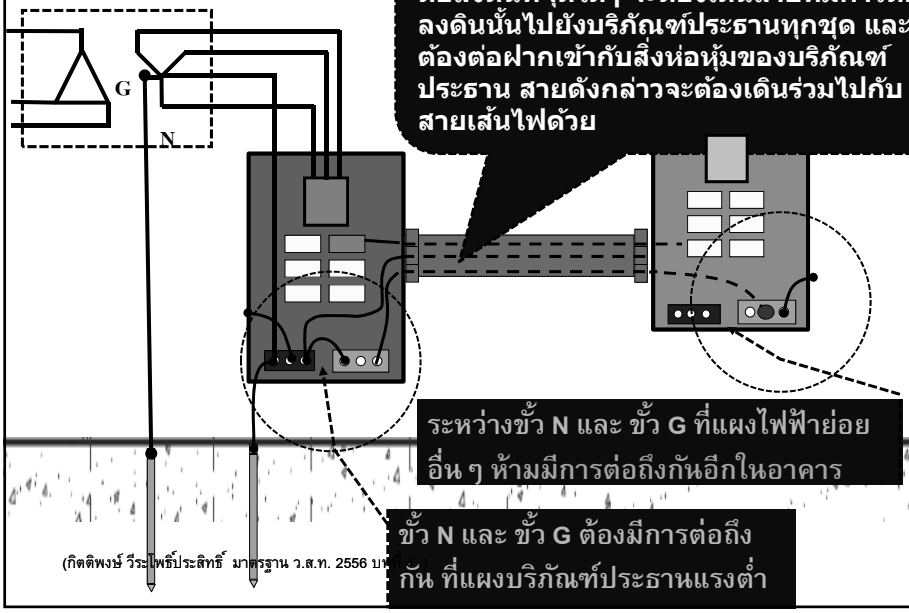
ข้อยกเว้นที่ 2
- เมื่อมีการต่อฝากระหว่างขั้ว N และขั้ว G
- การต่อหลักดินจะต่อเข้ากับขั้ว G หรือขั้ว N ก็ได้

(กิตติพงษ์ วีระโพธิ์ประสิทธิ์ มาตรฐาน ว.ส.ท. 2556 บทที่ 4)

41

ข้อควรระวัง !

ข้อ 4.3.2 ระบบไฟฟ้ากระแสสลับที่มีแรงดันไฟฟ้าไม่เกิน 1,000 โวลต์ ที่มีการต่อลงดินที่จุดใดๆ จะต้องเดินสายที่มีการต่อลงดินนั้นไปยังบริภัณฑ์ประธานทุกชุด และต้องต่อฝากเข้ากับสิ่งห่อหุ้มของบริภัณฑ์ประธาน สายดังกล่าวจะต้องเดินร่วมไปกับสายเส้นไฟด้วย



ระหว่างขั้ว N และ ขั้ว G ที่แผงไฟฟ้าย่อยอื่น ๆ ห้ามมีการต่อถึงกันอีกในอาคาร

ขั้ว N และ ขั้ว G ต้องมีการต่อถึงกัน ที่แผงบริภัณฑ์ประธานแรงต่ำ

(กิตติพงษ์ วีระโพธิ์ประสิทธิ์ มาตรฐาน ว.ส.ท. 2556 บท

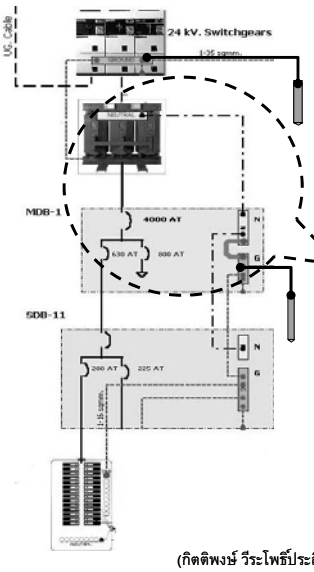
42

ความต่อเนื่องของระบบสายดิน

- การต่อฝากมีจุดประสงค์เพื่อให้แน่ใจว่ามีความต่อเนื่องทางไฟฟ้า และสามารถรับกระแสลัดวงจรใดๆ ที่อาจเกิดขึ้นได้
- ส่วนที่เป็นโลหะซึ่งไม่ได้เป็นทางเดินของกระแสไฟฟ้าของบริภัณฑ์ไฟฟ้าต่อไปนี้ต้องมีการต่อฝากถึงกันอย่างใช้ได้ผลดี เช่น ช่องเดินสาย กล่อง ตู้ เครื่องประกอบ และเครื่องห่อหุ้มที่เป็นโลหะ ต้องต่อลงดิน

Ref. National Electrical Code Handbook 2002 Edition (กิตติพงษ์ วีระโพธิ์ประสิทธิ์ มาตรฐาน ว.ส.ท. 2556 บทที่ 4)

บทที่ 4 การต่อลงดิน



4.1 วงจรและระบบไฟฟ้าที่ต้องต่อลงดิน

4.2 วงจรและระบบไฟฟ้าที่ห้ามต่อลงดิน

4.3 การต่อลงดินของหม้อแปลงไฟฟ้า

4.4 การต่อลงดินของระบบประธาน

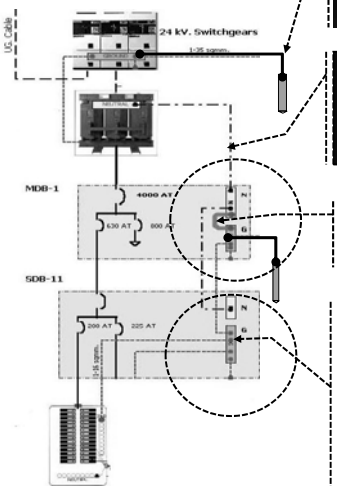
4.5 การต่อฝากของระบบประธานแรงต่ำ

4.6 ขนาดสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า

(กิตติพงษ์ วีระโพธิ์ประสิทธิ์ มาตรฐาน ว.ส.ท. 2556 บทที่ 4)

4.4 การต่อลงดินของระบบประธานแรงต่ำ

ในอาคารทั่วไป



การต่อลงดินระบบแรงสูง

ระบบที่มีแรงดันไฟฟ้า ≤ 1,000V. (≥ 50V) ที่ขั้ว N ของหม้อแปลง ต้องมีการต่อลงดินเพื่อให้แรงดันแต่ละเฟสมีเสถียรภาพ

ที่บริภัณฑ์ประธาน ต้องต่อลงดินระหว่างขั้ว N และขั้ว G

ไม่อนุญาต
หลังจากบริภัณฑ์ประธานห้ามต่อลงดินระหว่างขั้ว N และขั้ว G ในวงจรไฟฟ้า อีก
- เพื่อให้ตรวจสอบได้ง่ายเมื่อมีกระแสรั่วลงดิน
- เพื่อไม่ให้กระแสของโหลดปกติไหลกลับมาทางสายดิน จะทำให้สายดินมีแรงดันได้

(กิตติพงษ์ วีระโพธิ์ประสิทธิ์ มาตรฐาน ว.ส.ท. 2556 บทที่ 4) 45

4.4 การต่อลงดินของบริภัณฑ์ประธาน ที่มีอาคาร ตั้งแต่ 2 หลังขึ้นไป

4.4 การต่อลงดินของวงจรที่มีบริภัณฑ์ประธานชุดเดียวจ่ายไฟให้อาคาร 2 หลัง หรือมากกว่า

4.4.1 แต่ละอาคารต้องมีหลักดินเพื่อต่อสายที่มีการต่อลงดินของวงจรและระบบไฟฟ้า กระแสลัดและเครื่องห่อหุ้มของเครื่องปลดวงจรลงดิน

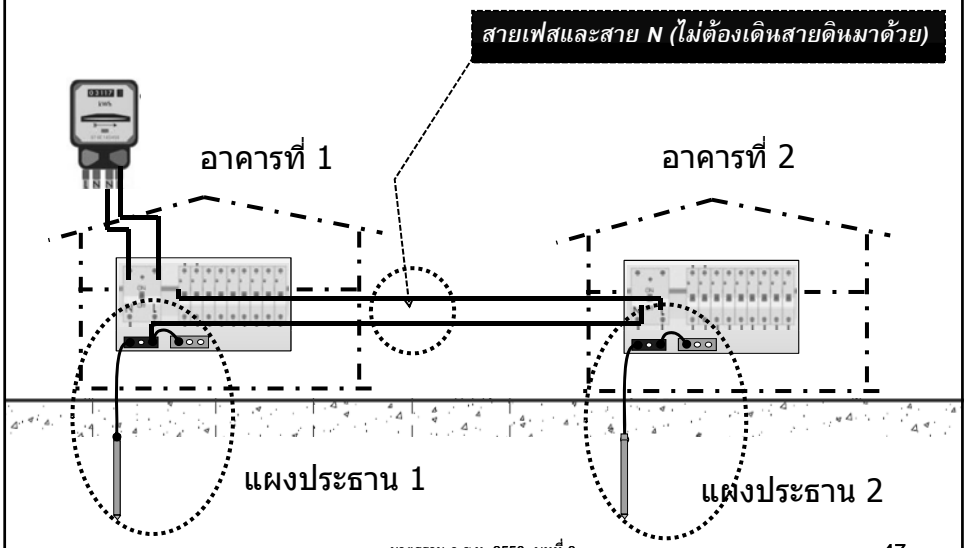
4.4.2 อนุญาตให้ไม่ต้องทำหลักดินของแต่ละอาคารตามข้อ 4.4.1 ก็ได้ ถ้ามีสภาพตามข้อใดข้อหนึ่งต่อไปนี้

4.4.2.1 ในอาคารมีวงจรย่อยชุดเดียวและไม่ได้จ่ายไฟให้แก่บริภัณฑ์ที่ต้องต่อลงดิน และอาคารทั้งสองไม่ต่อถึงกันทางไฟฟ้า

4.4.2.2 มีการเดินสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้าร่วมกับตัวนำอื่นของวงจร เพื่อไปต่อส่วนที่ไม่เป็นทางเดินของกระแสไฟฟ้าของบริภัณฑ์ไฟฟ้า ระบบท่อโลหะภายในและโครงสร้างของอาคารที่ต้องการต่อลงดิน

(กิตติพงษ์ วีระโพธิ์ประสิทธิ์ มาตรฐาน ว.ส.ท. 2556 บทที่ 4) 46

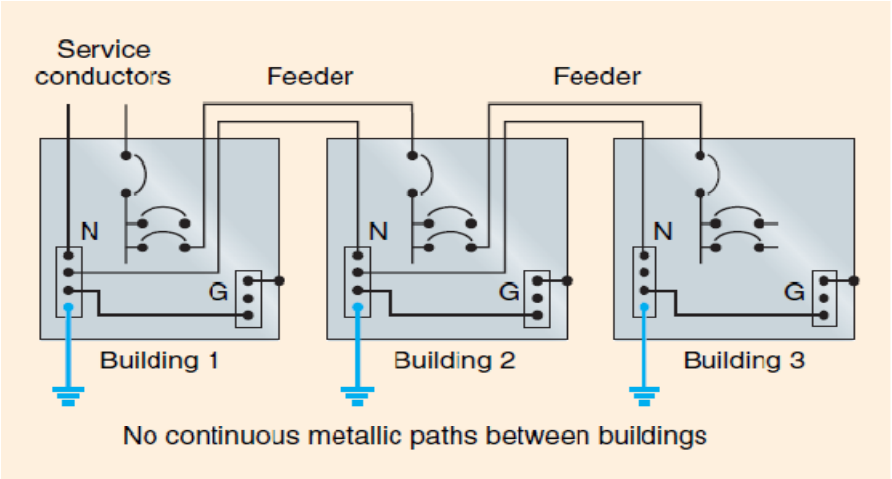
กรณีที่1 ข้อ 4.4.1 การต่อลงดินของบริภัณฑ์ประธาน มีอาคาร ตั้งแต่ 2 หลังขึ้นไป...ต้องมีหลักดิน



มาตรฐาน ว.ส.ท. 2556 บทที่ 3

47

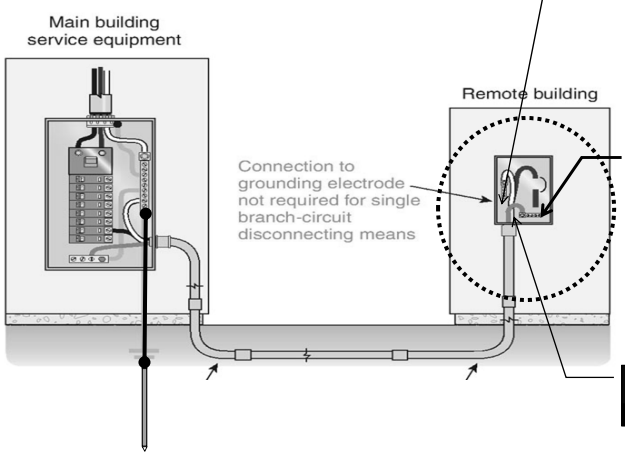
กรณีที่1 ข้อ 4.4.1 การต่อลงดิน ของบริภัณฑ์ประธานฯ ตั้งแต่ 2 หลังขึ้นไป



(กิตติพงษ์ วีระโพธิ์ประสิทธิ์ มาตรฐาน ว.ส.ท. 2556 บทที่ 4)

48

ข้อยกเว้น กรณีที่2 ข้อ 4.4.2.1
มีประธานหลายชุด... อนุญาตไม่ต้องมีหลักดิน!



มีวงจรย่อยเพียงชุดเดียว

อาคารลักษณะนี้ไม่จำเป็นต้องมีหลักดินที่อาคารหลังที่ 2 ก็ได้

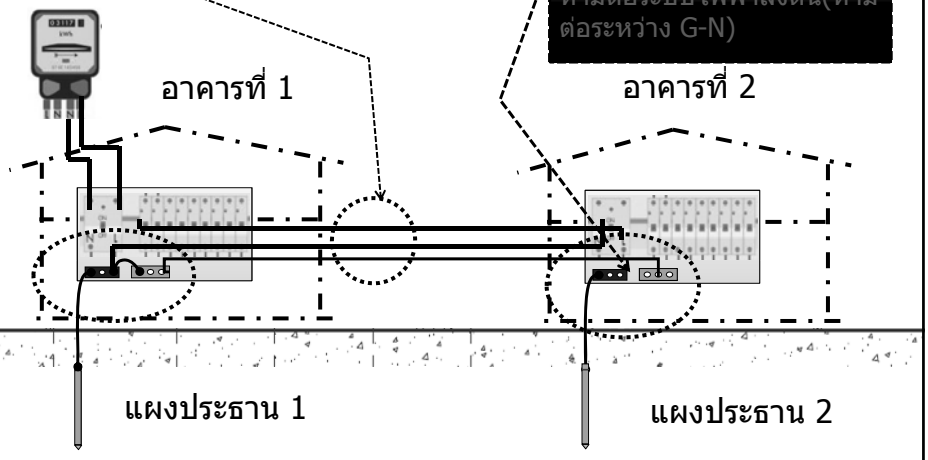
มีสายดินบริภัณฑ์(EGC)

Ref. National Electrical Code Handbook 2008 Edition

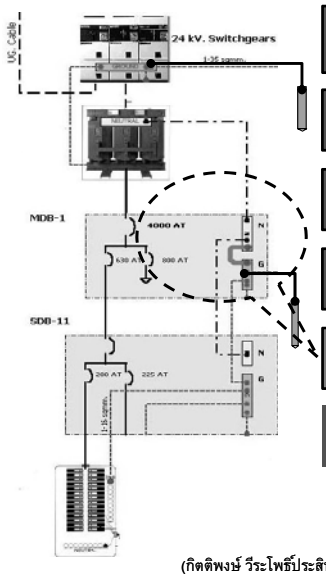
ข้อยกเว้น กรณีที่2 ข้อ 4.4.2.2
การต่อลงดินของบริภัณฑ์ประธานฯ

สายเฟส + N + G
(G ต้องเดินสายดินมาด้วย)

ไม่จำเป็นต้องมีหลักดินก็ได้ หากมีหลักดิน
ห้ามต่อระบบไฟฟ้าลงดิน(ห้ามต่อระหว่าง G-N)



บทที่ 4 การต่อลงดิน



4.1 วงจรและระบบไฟฟ้าที่ต้องต่อลงดิน

4.2 วงจรและระบบไฟฟ้าที่ห้ามต่อลงดิน

4.3 การต่อลงดินของหม้อแปลงไฟฟ้า

4.4 การต่อลงดินของระบบประธาน

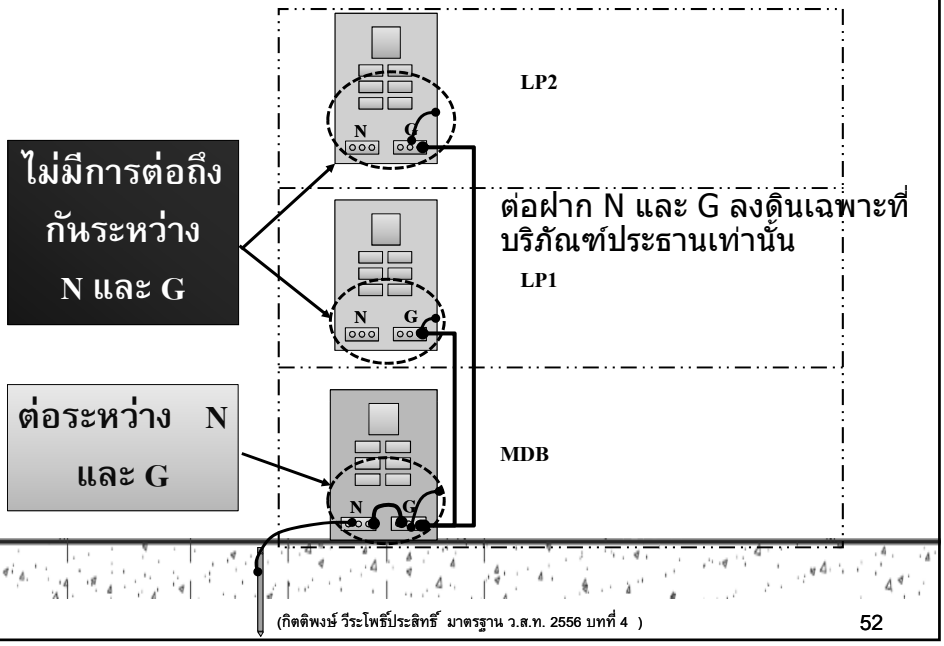
4.5 การต่อฝากของระบบประธานแรงต่ำ

4.6 ขนาดสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า

(กิตติพงษ์ วีระโพธิ์ประสิทธิ์ มาตรฐาน ว.ส.ท. 2556 บทที่ 4)

51

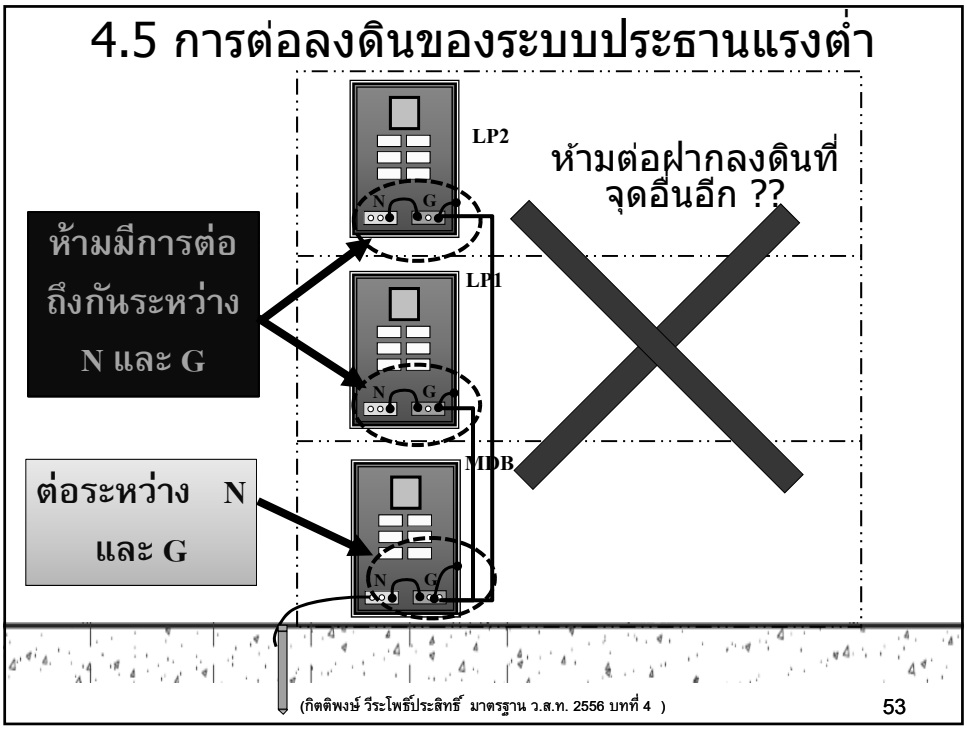
4.5 การต่อลงดินของระบบประธานแรงต่ำ



(กิตติพงษ์ วีระโพธิ์ประสิทธิ์ มาตรฐาน ว.ส.ท. 2556 บทที่ 4)

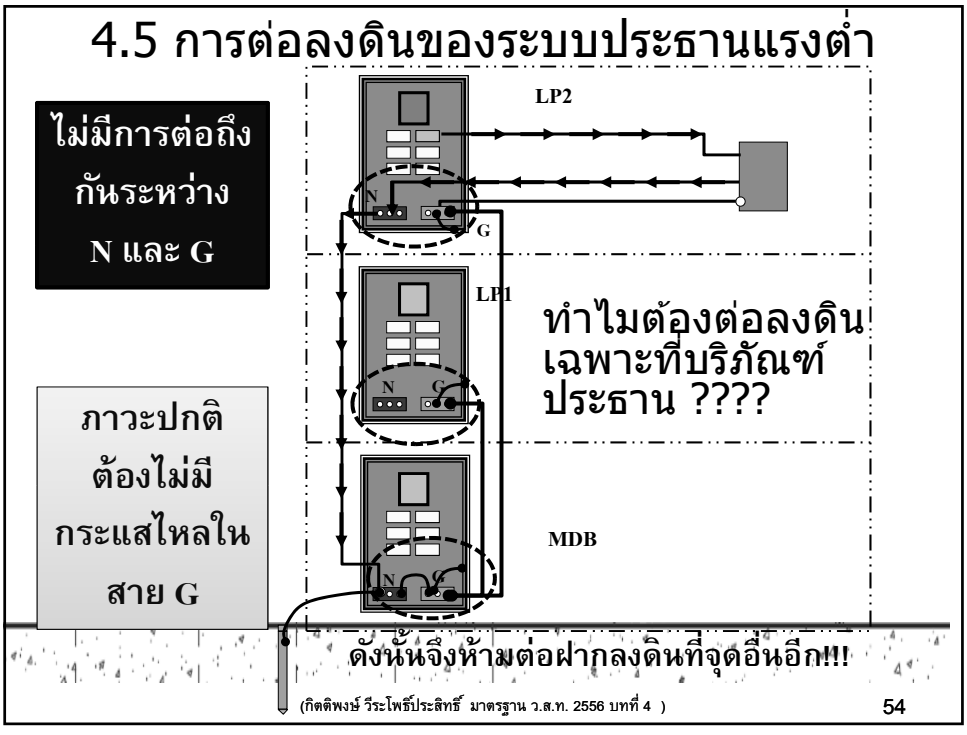
52

4.5 การต่อลงดินของระบบประธานแรงต่ำ



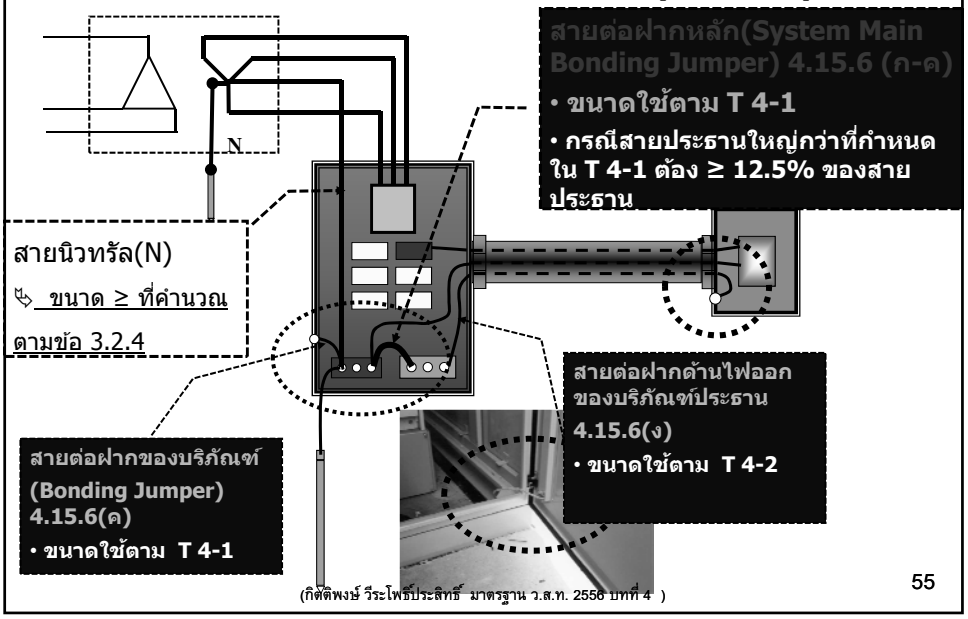
(กิตติพงษ์ วีระโพธิ์ประสิทธิ์ มาตรฐาน ว.ส.ท. 2556 บทที่ 4) 53

4.5 การต่อลงดินของระบบประธานแรงต่ำ



(กิตติพงษ์ วีระโพธิ์ประสิทธิ์ มาตรฐาน ว.ส.ท. 2556 บทที่ 4) 54

ขนาดสายต่อฝาก ของระบบประธานแรงต่ำ(4.15.6)

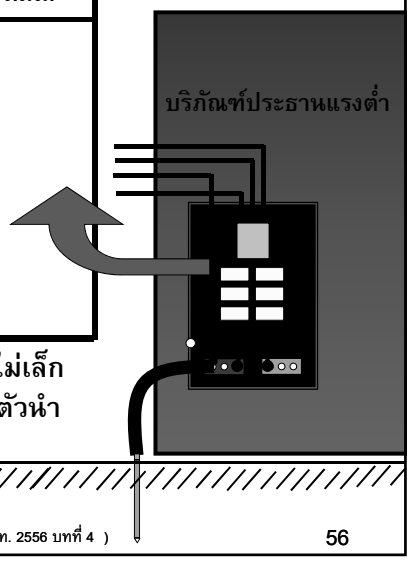


(กิตติพงษ์ วีระโพธิ์ประสิทธิ์ มาตรฐาน ว.ส.ท. 2556 บทที่ 4)

55

ตารางที่ 4.1 ขนาดสายต่อระบบไฟฟ้าลงดิน

ขนาดสายประธานเข้าอาคาร (ตัวนำทองแดง) ตร.มม.	ขนาดสายต่อหลักดิน (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



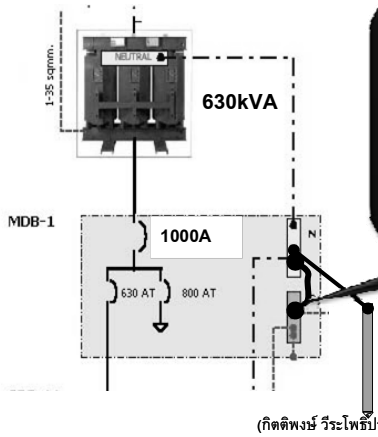
ขนาดสายต่อฝากและสายต่อหลักดินจะต้องไม่เล็กกว่าตารางที่ 4-1 และ ไม่เล็กกว่า 12.5% ของตัวนำประธานแรงต่ำ

(กิตติพงษ์ วีระโพธิ์ประสิทธิ์ มาตรฐาน ว.ส.ท. 2556 บทที่ 4)

56

ตย.4-1 หาขนาดสายที่มีการต่อลงดิน

โจทย์ จงหาขนาดสายต่อฝากระบบไฟฟ้าลงดินที่ภัณฑ์ประธาน กำหนดให้แต่ละเฟสใช้สาย 1x500 mm^2



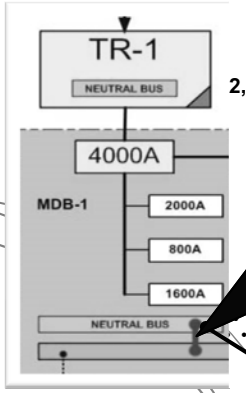
วิธีทำ หาขนาดสายต่อฝากระบบไฟฟ้าลงดิน

- จากตาราง 4-1
- สายเฟส 300-500 mm^2
- ใช้สายดินขนาด ≥ 70 mm^2

(กิตติพงษ์ วีระโพธิ์ประสิทธิ์ มาตรฐาน ว.ส.ท. 2556 บทที่ 4)

ตัวอย่างที่ 4.2 หาขนาดตัวนำลงหลักดิน

โจทย์ จงหาขนาดสายต่อฝากของบริภัณฑ์ประธานแรงต่ำ 400/230V. 3 เฟส 4 สาย กำหนดให้แต่ละเฟสใช้สาย 3x500 mm^2



วิธีทำ

- แต่ละเฟส ใช้สาย 3x500 mm^2
- ขนาดสายรวม = 3 x 500 = 1500 mm^2
- เนื่องจากสายเฟส ≥ 500 mm^2
- ตามข้อ 4.15.6 ขนาดสายต่อฝากลงดิน ≥ 0.125 x 1500 = 187.5 mm^2
- ดังนั้นใช้สายต่อฝากขนาด ≥ 240 mm^2

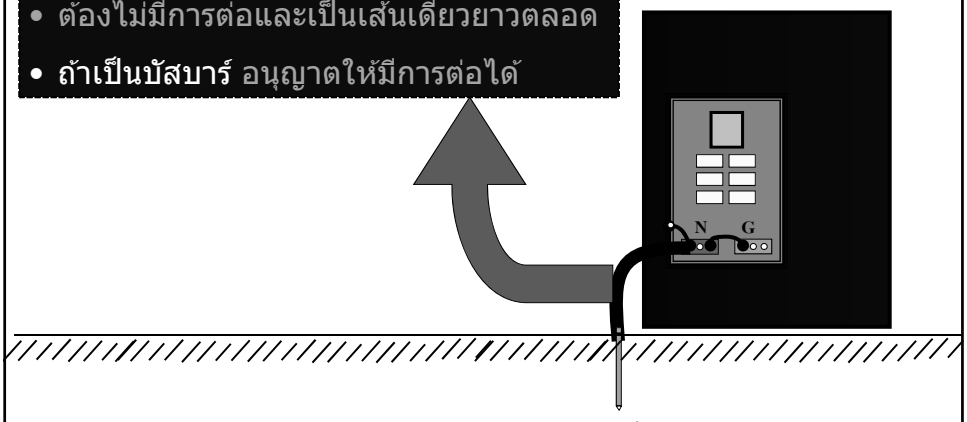
(กิตติพงษ์ วีระโพธิ์ประสิทธิ์ มาตรฐาน ว.ส.ท. 2556 บทที่ 4)

ระบบหลักดิน หรือรากสายดิน (Grounding Electrode System)

- จุดประสงค์ เพื่อ....
  - เป็นจุดต่อลงดินของ"ระบบไฟฟ้า"
  - ใช้ต่อส่วนที่เป็นโลหะต่างๆ ให้มีศักดาไฟฟ้าเท่ากับดิน หรือเป็นศูนย์
  - รองรับกระแสที่รั่วไหล หรือกระแสที่เกิดจากไฟฟ้าสถิตลงสู่พื้นโลก
- เป็นทางผ่านของกระแสไฟฟ้าลงสู่พื้นโลกในกรณีที่เกิดฟ้าผ่าหรือแรงดันเกิน

ชนิดและขนาดของสายต่อหลักดิน

- **ตัวนำทองแดง** ต้องเป็นชนิดตัวนำเดี่ยวหรือตีเกลียวหุ้มฉนวน
- ต้องไม่มีการต่อและเป็นเส้นเดียวยาวตลอด
- **ถ้าเป็นบัสบาร์** อนุญาตให้มีการต่อได้

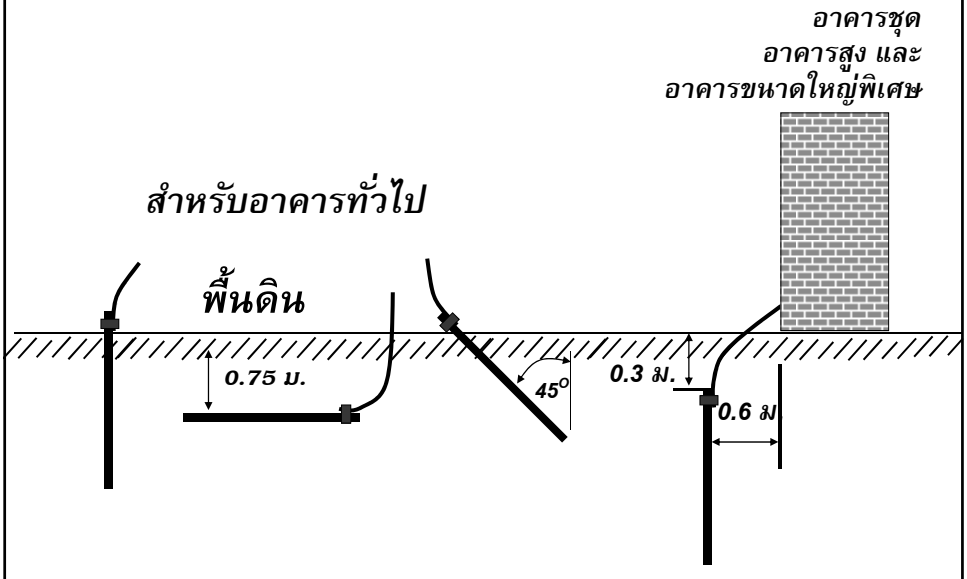


มาตรฐานหลักดิน (Ground Electrode)

- แท่งโลหะ ขนาด 16 มม. ยาว 2.40 ม.
- แผ่นโลหะพื้นที่ 1800 ตร.มม. หนา 6 มม. (1.5 มม.) ฝังลึก 1.6 ม.
- โครงสร้างอาคารโลหะ
- หลักดินอื่นๆ ที่ได้รับการรับรอง
- ค่าความต้านทานของหลักดิน ≤ 5 โอห์ม

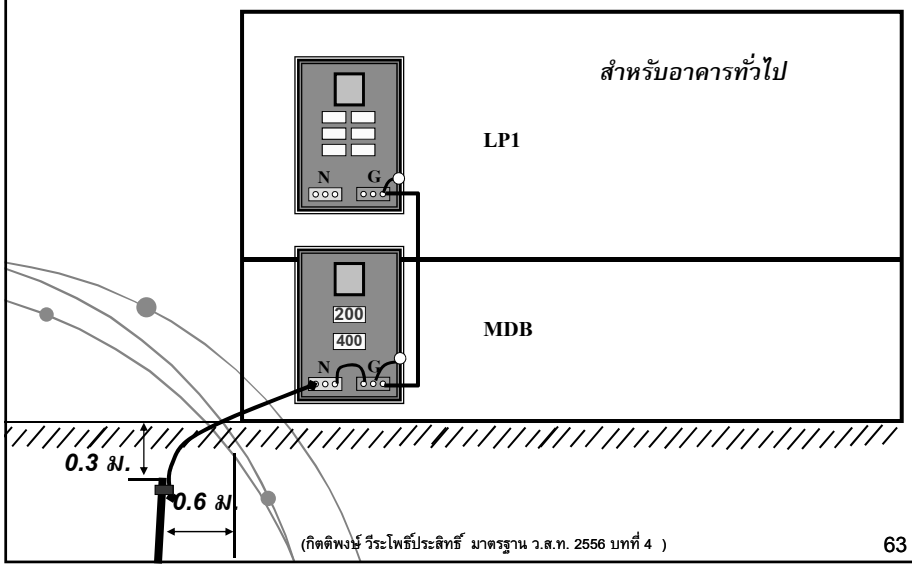
(กิตติพงษ์ วีระโพธิ์ประสิทธิ์ มาตรฐาน ว.ส.ท. 2556 บทที่ 4) 61

ระบบรากสายดินแนวดิ่ง



(กิตติพงษ์ วีระโพธิ์ประสิทธิ์ มาตรฐาน ว.ส.ท. 2556 บทที่ 4) 62

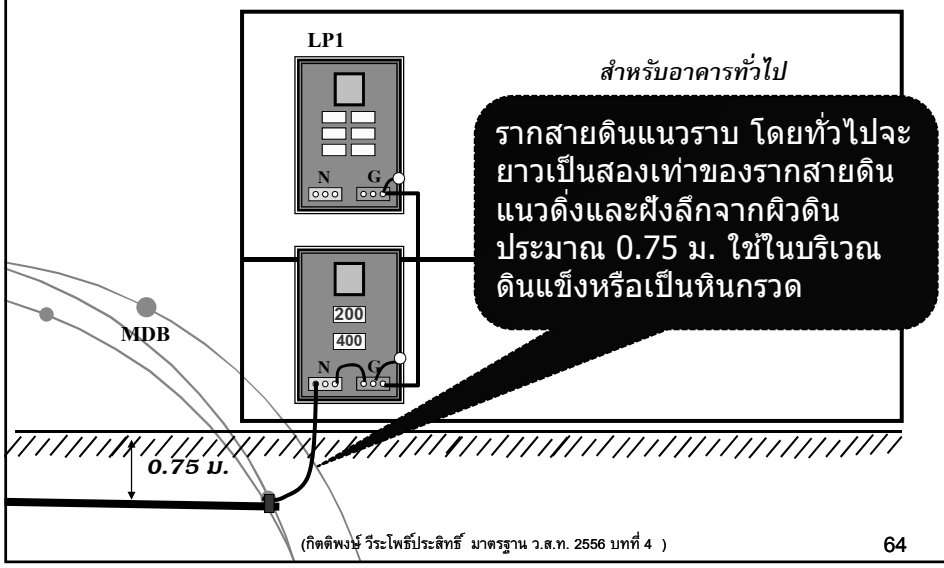
ระบบรากสายดินแนวดิ่ง



(กิตติพงษ์ วีระโพธิ์ประสิทธิ์ มาตรฐาน ว.ส.ท. 2556 บทที่ 4)

63

ระบบรากสายดินแนวราบ

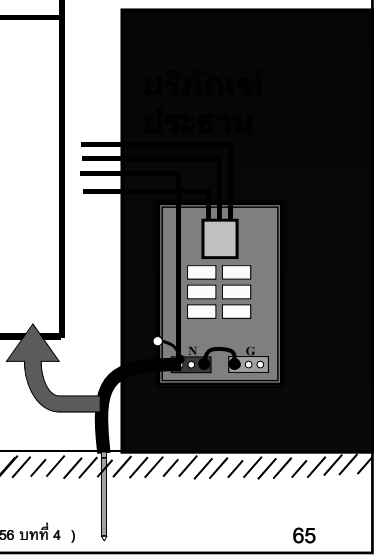


(กิตติพงษ์ วีระโพธิ์ประสิทธิ์ มาตรฐาน ว.ส.ท. 2556 บทที่ 4)

64

ตารางที่ 4.1 ขนาดสายต่อหลักดิน(4.19)

ขนาดสายประธานเข้าอาคาร (ตัวนำทองแดง) ตร.มม.	ขนาดสายต่อหลักดิน (ตัวนำทองแดง) ตร.มม.
≤ 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



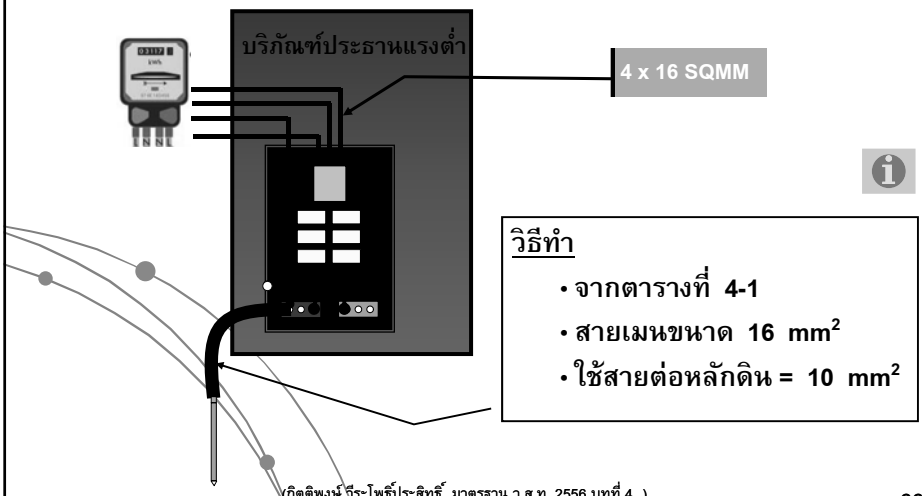
ข้อ 4.19 สายต่อหลักดินสำหรับระบบไฟฟ้าแสสลับ จะต้องไม่เล็กกว่าตารางที่ 4-1

(กิตติพงษ์ วีระโพธิ์ประสิทธิ์ มาตรฐาน ว.ส.ท. 2556 บทที่ 4)

65

ตย. 4-3 ขนาดสายต่อหลักดิน

โจทย์ บ้านหลังหนึ่งรับไฟฟ้าด้วยเครื่องวัดฯ แรงต่ำ15(45)A 400V. 3 เฟส 4 สาย จงกำหนดขนาดสายต่อหลักดิน



วิธีทำ

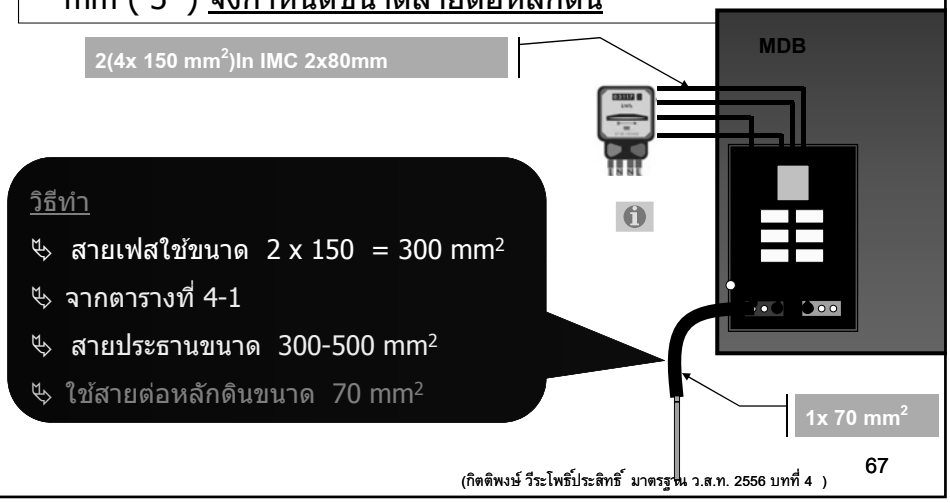
- จากตารางที่ 4-1
- สายเมนขนาด 16 mm^2
- ใช้สายต่อหลักดิน = 10 mm^2

(กิตติพงษ์ วีระโพธิ์ประสิทธิ์ มาตรฐาน ว.ส.ท. 2556 บทที่ 4)

66

ตย.4-4 ขนาดสายต่อหลักดิน

โจทย์ โรงงานแห่งหนึ่งรับไฟฟ้าด้วยเครื่องวัดฯ 400 A 400/230V 3 เฟส 4 สาย ใช้สาย ขนาด 2 (4 x 150 mm^2 ในท่อ IMC 2 x 80 mm (3″) จงกำหนดขนาดสายต่อหลักดิน



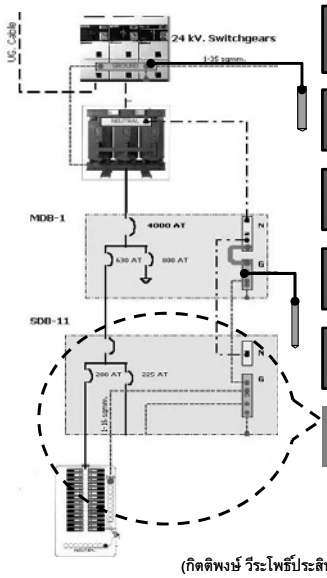
วิธีทำ

- สายเฟสใช้ขนาด 2 x 150 = 300 mm^2
- จากตารางที่ 4-1
- สายประธานขนาด 300-500 mm^2
- ใช้สายต่อหลักดินขนาด 70 mm^2

(กิตติพงษ์ วีระโพธิ์ประสิทธิ์ มาตรฐาน ว.ส.ท. 2556 บทที่ 4)

67

บทที่ 4 การต่อลงดิน



4.1 วงจรและระบบไฟฟ้าที่ต้องต่อลงดิน

4.2 วงจรและระบบไฟฟ้าที่ห้ามต่อลงดิน

4.3 การต่อลงดินของหม้อแปลงไฟฟ้า

4.4 การต่อลงดินของระบบประธาน

4.5 การต่อฝากของระบบประธานแรงต่ำ

4.6 ขนาดสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า

(กิตติพงษ์ วีระโพธิ์ประสิทธิ์ มาตรฐาน ว.ส.ท. 2556 บทที่ 4)

68

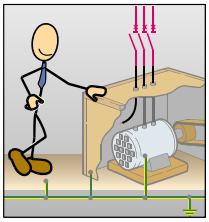
การต่อลงดินของเครื่องบริภัณฑ์ไฟฟ้า (Equipment Grounding)

จุดประสงค์ คือ

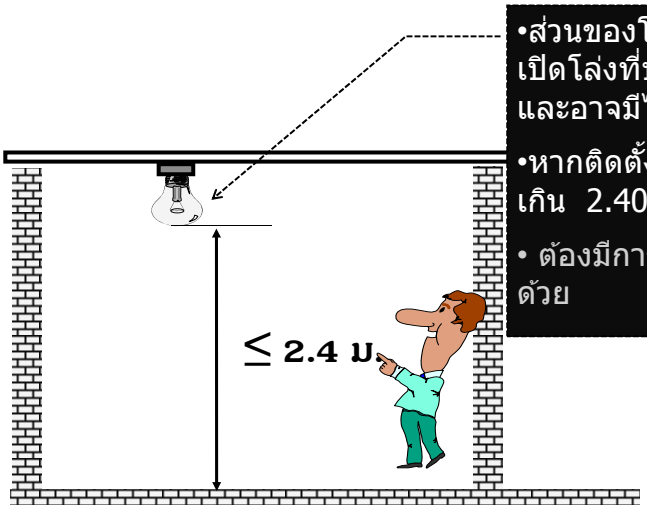
- เพื่อให้ส่วนโลหะที่ต่อถึงกันตลอดมีศักดาไฟฟ้าเท่ากับดิน
- เพื่อให้อุปกรณ์ป้องกันกระแสเกินทำงานได้รวดเร็วขึ้น
- เป็นทางผ่านให้กระแสรั่วไหล และ กระแสเนื่องมาจากไฟฟ้าสถิตลงดิน

เครื่องบริภัณฑ์ไฟฟ้าที่ต้องต่อลงดิน

- ประเภทของบริภัณฑ์ไฟฟ้าที่จะต้องต่อลงดินมีดังต่อไปนี้
  - เครื่องห่อหุ้มที่เป็นโลหะของ สายไฟฟ้า แผงบริภัณฑ์ประธาน โครง และ รางปั้นจั่นที่ใช้ไฟฟ้า โครงของตู้ลิฟต์ และลวดสลิงยกของที่ใช้ไฟฟ้า
  - สิ่งกั้นที่เป็นโลหะรวมทั้งเครื่องห่อหุ้มของเครื่อง บริภัณฑ์ไฟฟ้าในระบบแรงสูง



เครื่องบริภัณฑ์ไฟฟ้าที่ต้องต่อลงดิน



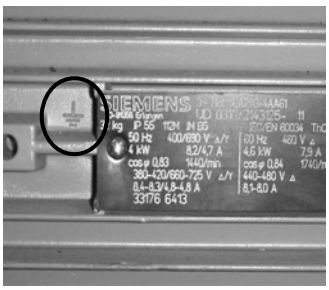
- ส่วนของโหลดที่เป็นโลหะเปิดโล่งที่บุคคลอาจสัมผัสได้และอาจมีไฟฟ้ารั่วถึงได้
- หากติดตั้งอยู่สูงจากพื้นไม่เกิน 2.40 เมตร
- ต้องมีการต่อลงดินที่โหลดด้วย

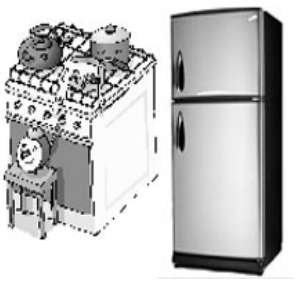
(กิตติพงษ์ วีระโพธิ์ประสิทธิ์ มาตรฐาน ว.ส.ท. 2556 บทที่ 4)

71

เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต้องมีสายดิน ⏚

- เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีโครงเป็นโลหะ หรือ เครื่องใช้ไฟฟ้าที่เกี่ยวข้องกับน้ำ หรือ ความร้อน เช่น ตู้เย็นเตาไฟฟ้า เครื่องซักผ้า เครื่องทำน้ำอุ่น เป็นต้น
- เต้าเสียบที่ใช้งาน จำเป็นต้องมีขั้วสายดิน ⏚





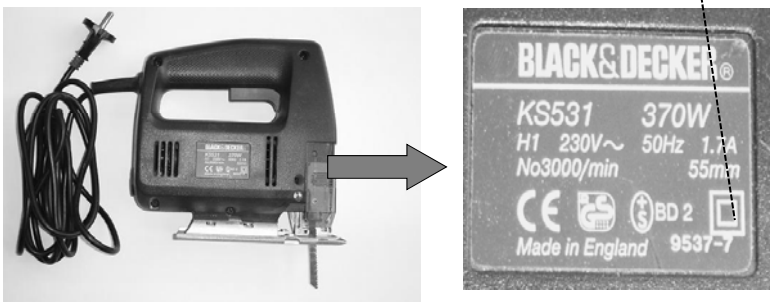
(กิตติพงษ์ วีระโพธิ์ประสิทธิ์ มาตรฐาน ว.ส.ท. 2556 บทที่ 4)

72

ชนิดเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ไม่ต้องมีสายดิน

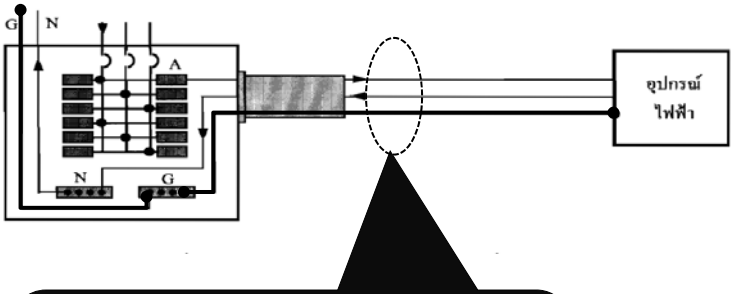
- เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีการป้องกันไฟดูด โดยมีโครงหุ้มด้วยฉนวน 2 ชั้น เช่น พัดลม โทรทัศน์ หรือ วิทยุ เป็นต้น ดังนั้นไม่จำเป็นต้องมีขั้วสายดิน

เครื่องหมายฉนวนสองชั้นที่ไม่ต้องมีสายดิน



(กิตติพงษ์ วีระโพธิ์ประสิทธิ์ มาตรฐาน ว.ส.ท. 2556 บทที่ 4) 73

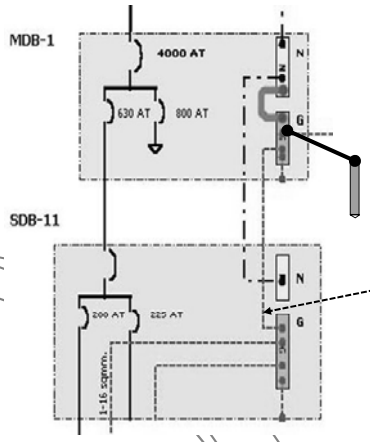
วิธีต่อลงดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า



- ทำได้โดยเดินสายดินจากแผงจ่ายไฟย่อยไปยังบริภัณฑ์ไฟฟ้าที่ต้องต่อลงดิน
- สายดินต้องเดินร่วมไปกับสายเฟส และสายนิวทรัลของวงจรในท่อเดียวกัน

(กิตติพงษ์ วีระโพธิ์ประสิทธิ์ มาตรฐาน ว.ส.ท. 2556 บทที่ 4) 74

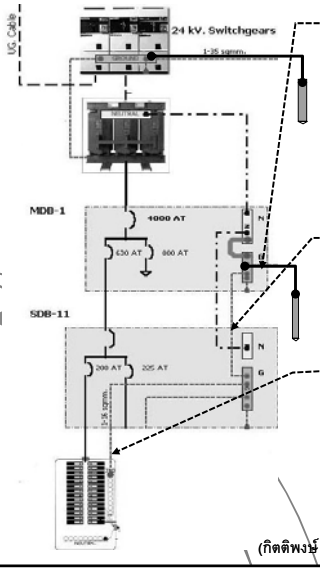
ชนิดของสายดินบริภัณฑ์ไฟฟ้า(EGC)



- ตัวนำทองแดง หุ้มฉนวนหรือไม่หุ้มฉนวนก็ได้
- เปลือกโลหะของสายเคเบิลชนิด AC, MI และ MC
- บัสเวย์ที่ได้ระบุให้ใช้แทนสายสำหรับต่อลงดิน
- สีของสายดินถ้าขนาดไม่เกิน 10 ตร.มม. ฉนวนต้องมีสีเขียวหรือเขียวแถบเหลือง

(กิตติพงษ์ วีระโพธิ์ประสิทธิ์ มาตรฐาน ว.ส.ท. 2556 บทที่ 4) 75

ขนาดสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า



(ข้อ 4.19) ขนาดสายต่อหลักดินของบริภัณฑ์ประธาน (GEC) ต้องมีขนาดไม่เล็กกว่าที่กำหนดในตารางที่ 4-1

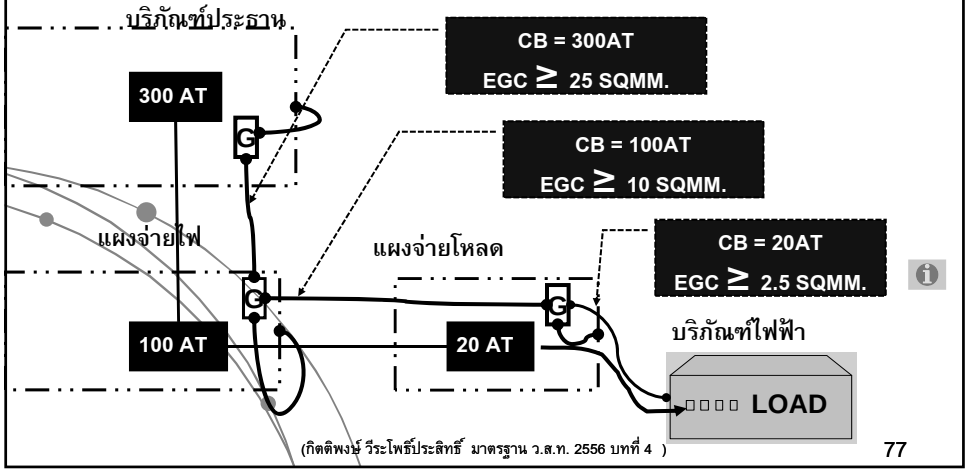
(ข้อ 4.20) ขนาดสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า (EGC) ต้องมีขนาดไม่เล็กกว่าที่กำหนดในตารางที่ 4-2

(ข้อ 4.20) ขนาดสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า (EGC) ต้องมีขนาดไม่เล็กกว่าที่กำหนดในตารางที่ 4-2

(กิตติพงษ์ วีระโพธิ์ประสิทธิ์ มาตรฐาน ว.ส.ท. 2556 บทที่ 4) 76

ตย.4-5 หาขนาดสายดินบริภัณฑ์ไฟฟ้า

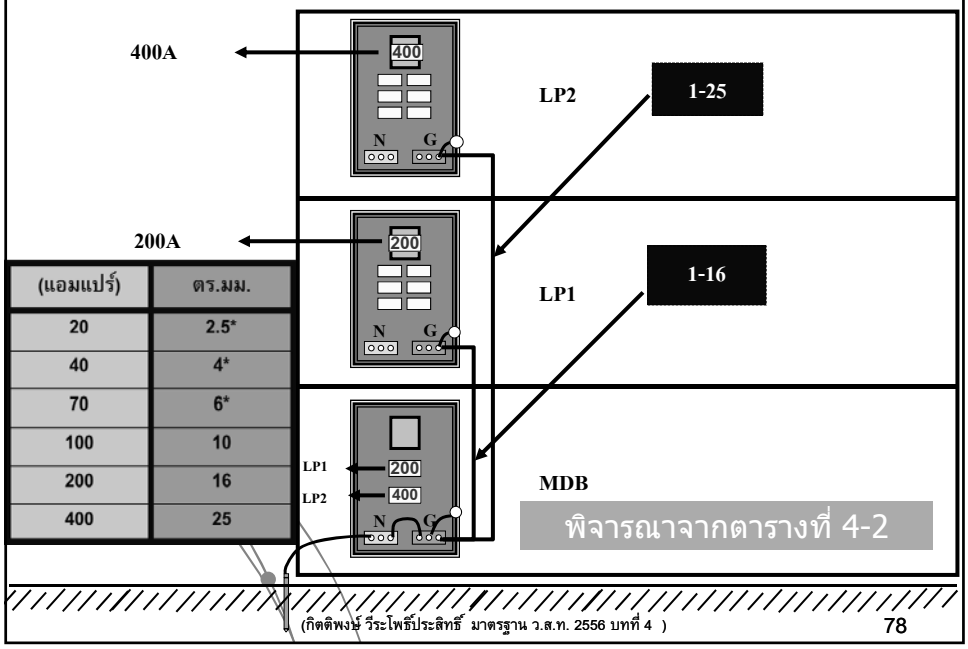
โจทย์ ระบบไฟฟ้าประกอบด้วย บริภัณฑ์ไฟฟ้า และ แผงจ่ายไฟ ดังรูป จง หาขนาดสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า(EGC) ที่เดินจากบริภัณฑ์ประธาน



(กิตติพงษ์ วีระโพธิ์ประสิทธิ์ มาตรฐาน ว.ส.ท. 2556 บทที่ 4)

77

ตย.4-6 ขนาดสายดินบริภัณฑ์ไฟฟ้า



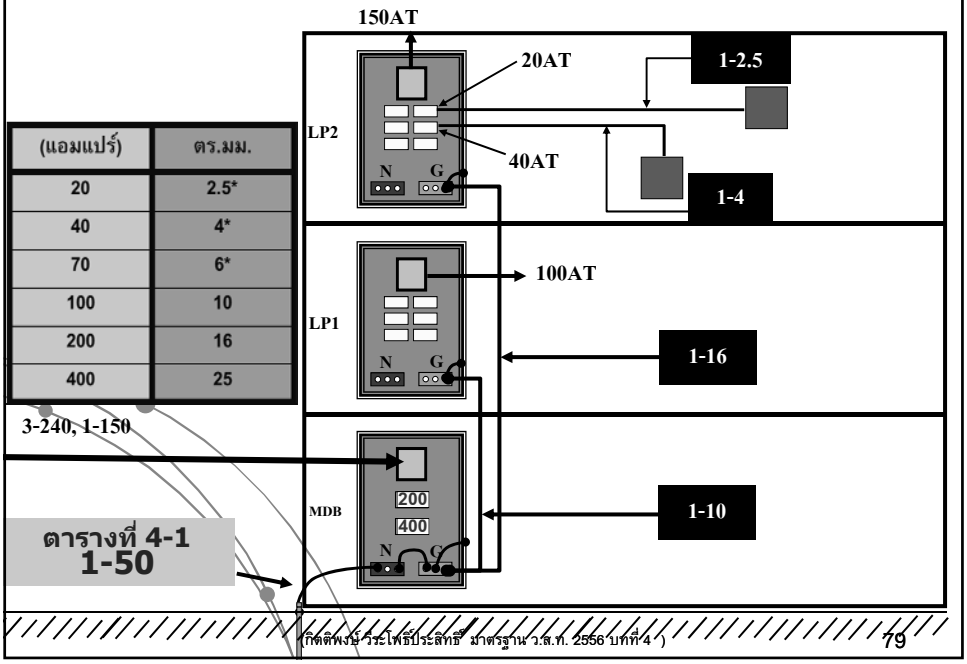
(แอมแปร์)	ตร.มม.
20	2.5*
40	4*
70	6*
100	10
200	16
400	25

พิจารณาจากตารางที่ 4-2

(กิตติพงษ์ วีระโพธิ์ประสิทธิ์ มาตรฐาน ว.ส.ท. 2556 บทที่ 4)

78

ตย.4-6 ขนาดสายดินบริภัณฑ์ไฟฟ้า(ต่อ)

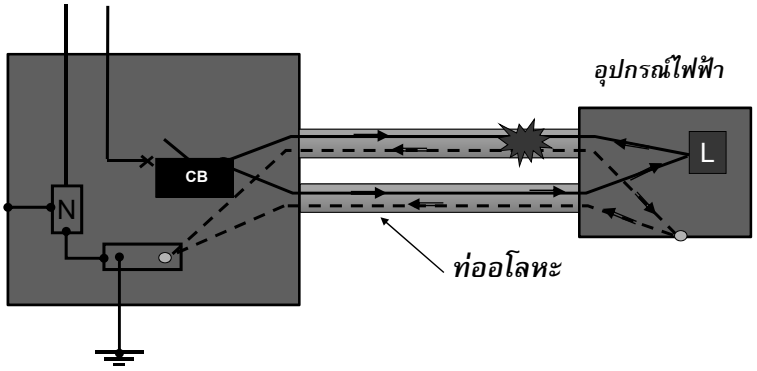


(แอมแปร์)	ตร.มม.
20	2.5*
40	4*
70	6*
100	10
200	16
400	25

ขนาดสายดิน เมื่อดินสายควบ

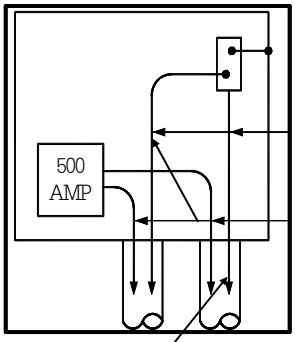
- การเดินสายควบ แยกไปหลายท่อ ขนาดสายดินในแต่ละท่อ<u>กำหนดจากพิกัดเครื่องป้องกันกระแสเกิน</u> ตามตารางที่ 4-2 (ห้ามลดขนาด)

Fault, Phase to grounding conductor



ตย.4-7 หาขนาดสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า

โจทย์ บริภัณฑ์ประธานมีเครื่องป้องกันกระแสเกิน 500 A ต่อกับวงจร ซึ่งประกอบด้วยสายควบ 2 ชุด เดินในท่อร้อยสายท่อละ 1 ชุด ดังรูป จงหาขนาดสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า



วิธีทำ

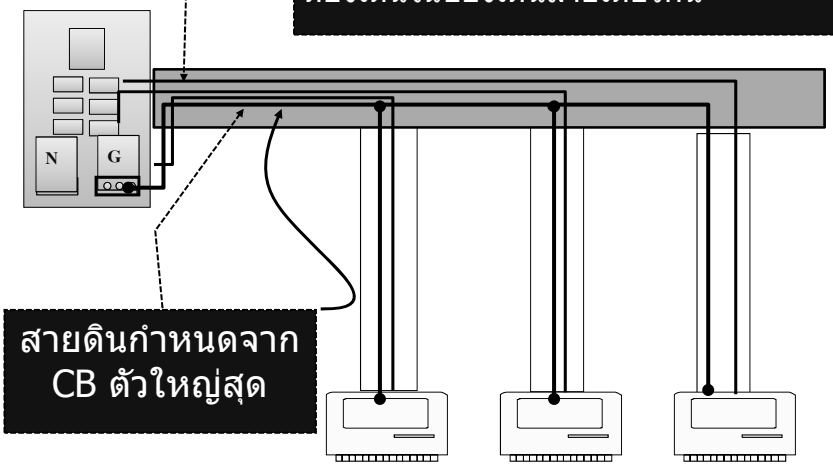
- วงจรประกอบด้วยสายควบ 2 ชุด เดินในท่อร้อยสายท่อละ 1 ชุด
- ดังนั้นจะต้องเดินสายดิน 2 เส้นในแต่ละท่อ โดยเลือกตามขนาดเครื่องป้องกัน

จากตาราง 4-2 กรณีเครื่องป้องกัน 500 A ใช้ขนาดสายดิน 35 mm^2

(กิตติพงษ์ วีระโพธิ์ประสิทธิ์ มาตรฐาน ว.ส.ท. 2556 บทที่ 4) 81

การใช้สายดินร่วมกัน

สายดินและสายทุกวงจรที่ใช้สายดินร่วมกัน ต้องเดินในช่องเดินสายเดียวกัน

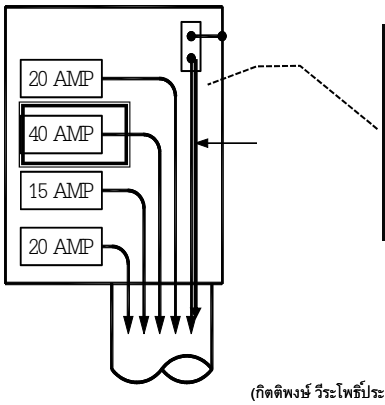


สายดินกำหนดจาก CB ตัวใหญ่สุด

(กิตติพงษ์ วีระโพธิ์ประสิทธิ์ มาตรฐาน ว.ส.ท. 2556 บทที่ 4) 82

ตย.4-8 หาขนาดสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้าที่ใช้ร่วมกันในท่อสาย

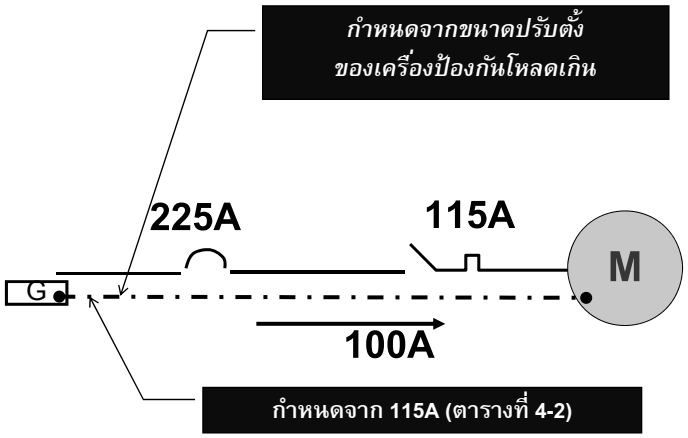
<u>โจทย์</u> วงจรระบบแรงต่ำ 4 วงจร ที่ต้องการเดินในท่อสายร่วมกัน โดยแต่ละวงจรมีเครื่องป้องกันกระแสเกิน 20 A , 40 A , 15 A และ 20 A
จงหาขนาดสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า ที่ใช้ร่วมกันในท่อสาย



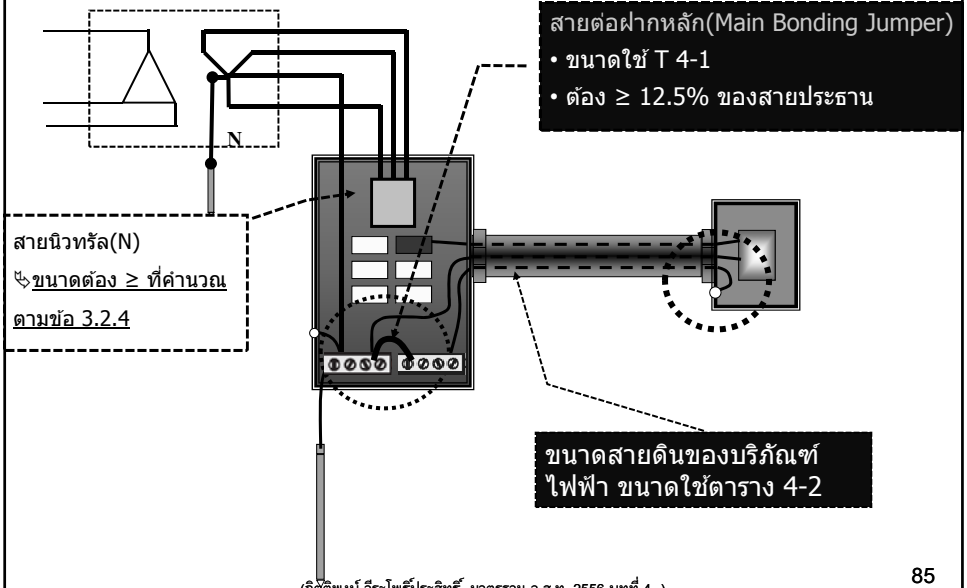
<u>วิธีทำ</u>

- ขนาดสายดินที่ใช้ร่วมกันจะต้องเลือกตามเครื่องป้องกันที่มีขนาดใหญ่ที่สุด คือ 40 A
- จากตารางที่ 4-2 เครื่องป้องกัน 40 AT ต้องใช้สายดินไม่น้อยกว่า 4 mm^2

ขนาดสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า (สายดินของมอเตอร์)



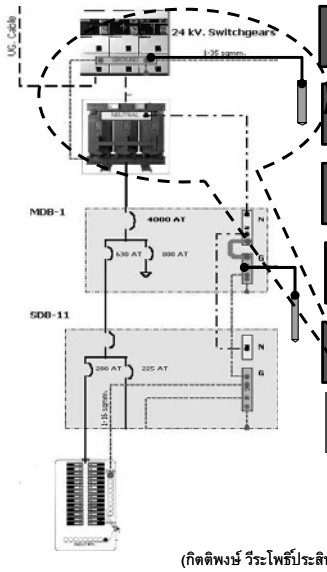
สรุป การกำหนดขนาดสายดิน ของระบบประธานแรงต่ำ



(กิตติพงษ์ วีระโพธิ์ประสิทธิ์ มาตรฐาน ว.ส.ท. 2556 บทที่ 4)

85

บทที่ 4 การต่อลงดิน



4.2 วงจรและระบบไฟฟ้าที่ห้ามต่อลงดิน

4.3 การต่อลงดินของหม้อแปลงไฟฟ้า

4.4 การต่อลงดินของระบบประธาน

4.5 การต่อฝากของระบบประธานแรงต่ำ

4.6 ขนาดสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า

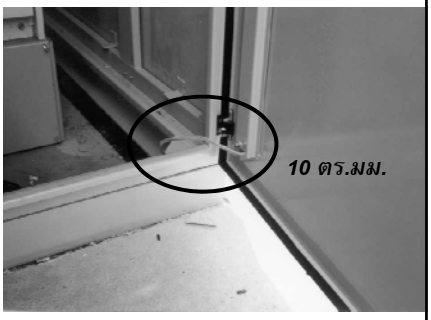
4.7 การต่อลงดินของระบบประธานแรงสูง

(กิตติพงษ์ วีระโพธิ์ประสิทธิ์ มาตรฐาน ว.ส.ท. 2556 บทที่ 4)

86

การต่อลงดินของแผงสวิตช์แรงสูง

- ตัวตู้ต้องต่อลงดินร่วมกับกราวด์บัส
- บานประตูต่อฝากกับตัวตู้ด้วยสายขนาด 10 ตร.มม.

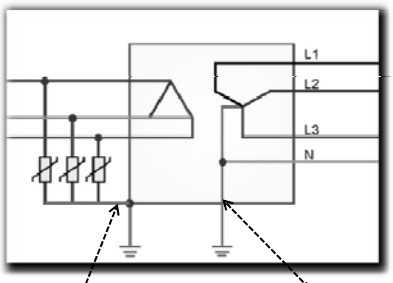


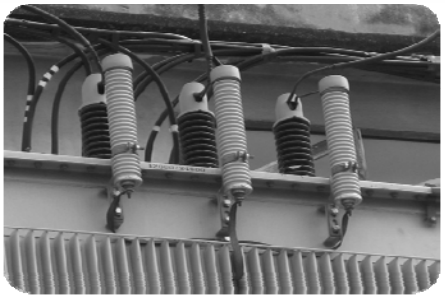
(กิตติพงษ์ วีระโพธิ์ประสิทธิ์ มาตรฐาน ว.ส.ท. 2556 บทที่ 4)

87

การต่อลงดินที่หม้อแปลง

กับดักฟ้าผ่าที่มาพร้อมกับหม้อแปลง





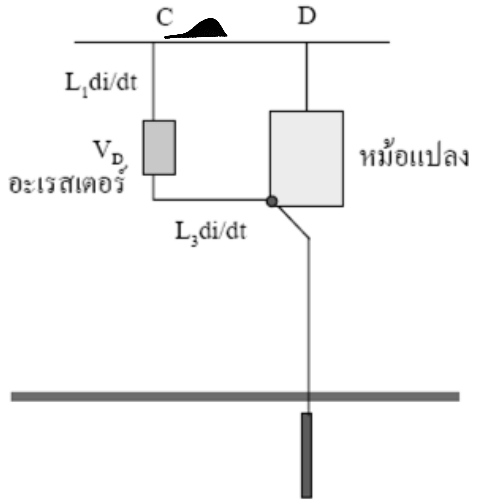
สายดินของแรงต่ำ

สายดินของ L/A รวมกับตัวถังหม้อแปลง

88

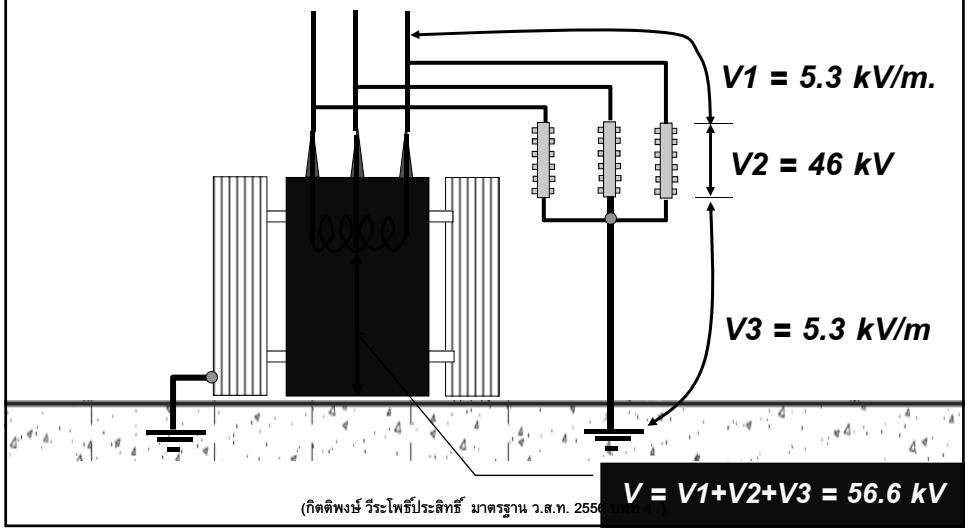
พื้นฐานการต่อลงดิน

การต่อลงดินระบบแรงสูง เพื่อลดระดับแรงดันไฟฟ้าให้อุปกรณ์สามารถทนได้



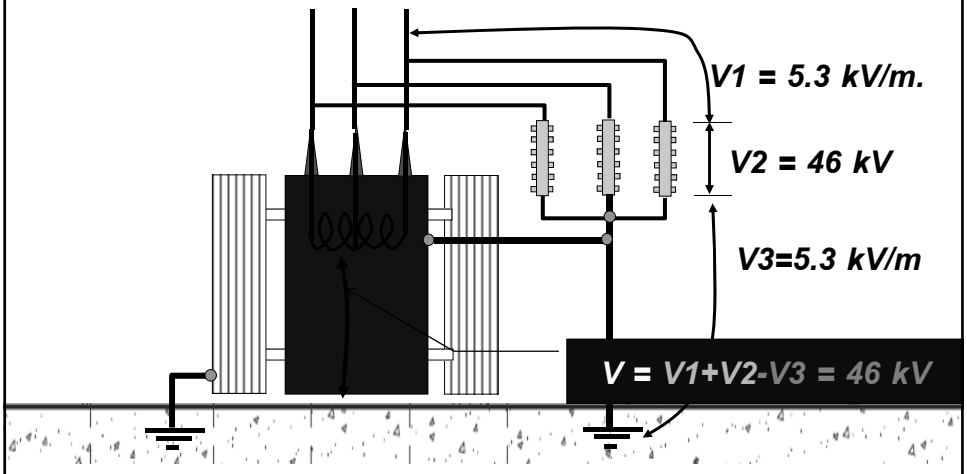
89

กรณีที่ 1 การต่อลงดินที่หม้อแปลง สายดินของ L/A แยกกับตัวถังหม้อแปลง



(กิตติพงษ์ วีระโพธิ์ประสิทธิ์ มาตรฐาน ว.ส.ท. 255[illegible])

กรณีที่ 2 การต่อลงดินที่หม้อแปลง สายดินของ L/A รวมกับตัวถังหม้อแปลง

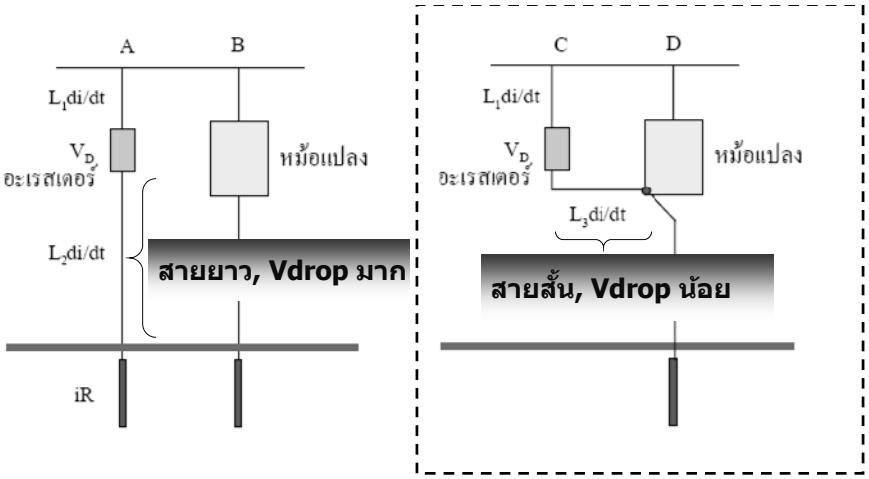


(กิตติพงษ์ วีระโพธิ์ประสิทธิ์ มาตรฐาน ว.ส.ท. 2556 บทที่ 4)

91

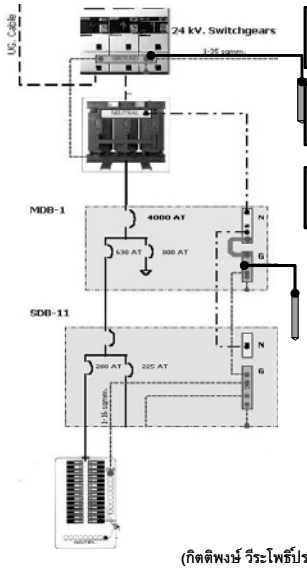
การต่อลงดินที่หม้อแปลง

การต่อลงดินระบบแรงสูง



92

บทที่ 4 การต่อลงดิน



4.5 การต่อฝากของระบบประธานแรงต่ำ

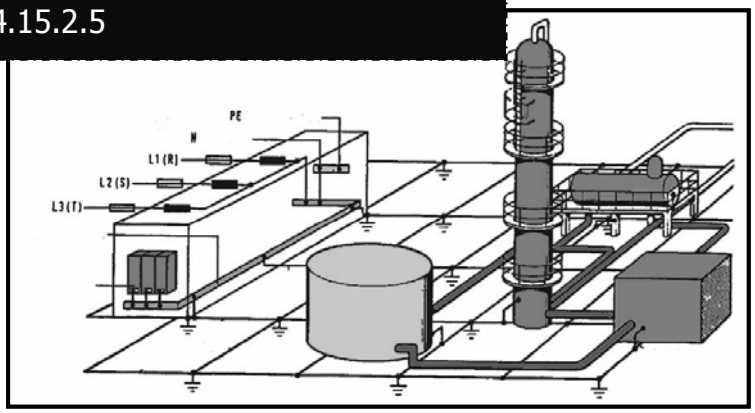
4.6 ขนาดสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า

4.7 การต่อลงดินของระบบประธานแรงสูง

4.8 การต่อลงดินอื่นๆ

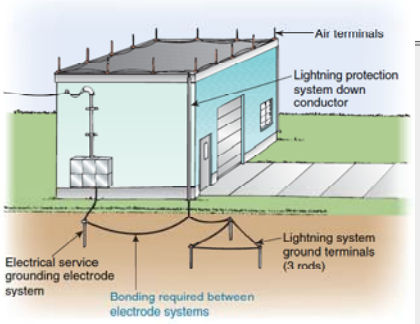
ระบบสายดินในบริเวณอันตราย

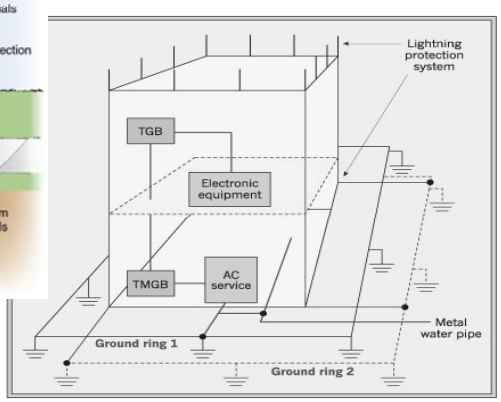
ในบริเวณอันตราย ส่วนที่เป็นโลหะของบริภัณฑ์ไฟฟ้าและไม่ได้เป็นทางเดินของกระแสไฟฟ้าที่ทุกระดับแรงดันไฟฟ้า ซึ่งอยู่ในบริเวณอันตรายต้องต่อถึงกันทางไฟฟ้าตามวิธีที่ได้กำหนดไว้ในข้อ 4.15.2.2 - 4.15.2.5



การใช้หลักดินร่วมกัน (4.13)

หลักสายดินของระบบประธานแรงต่ำระบบสายดิน





(กิตติพงษ์ วีระโพธิ์ประสิทธิ์ มาตรฐาน ว.ส.ท. 2556 บทที่ 4)

ด้วยความปรารถนาดี

กิตติพงษ์ วีระโพธิ์ประสิทธิ์

(กิตติพงษ์ วีระโพธิ์ประสิทธิ์ มาตรฐาน ว.ส.ท. 2556 บทที่ 4)

ตารางที่ 4-1 ขนาดต่ำสุดของสายต่อหลักดินของระบบไฟฟ้ากระแสสลับ

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*

(กิตติพงษ์ วีระโพธิ์ประสิทธิ์ มาตรฐาน ว.ส.ท. 2556 บทที่ 4) 97

ตารางที่ 4-2 ขนาดต่ำสุดของสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า

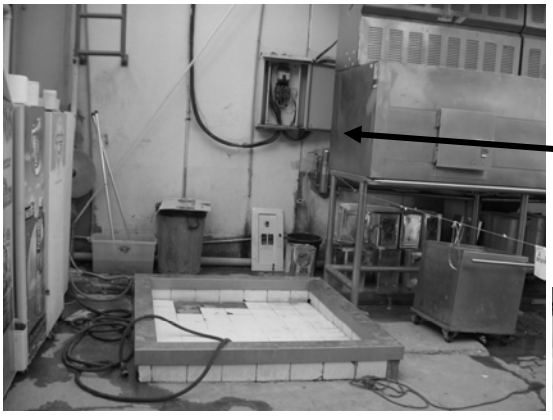
ตารางที่ 4-2
ขนาดต่ำสุดของสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า

พิกัดหรือขนาดปรับตั้งของเครื่องป้องกันกระแสเกินไม่เกิน (แอมแปร์)	ขนาดต่ำสุดของสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า (ตัวนำทองแดง) (ตร.มม.)
20	2.5*
40	4*
70	6
100	10
200	16
400	25
500	35
800	50
1000	70
1250	95
2000	120
2500	185
4000	240
6000	400

(กิตติพงษ์ วีระโพธิ์ประสิทธิ์ มาตรฐาน ว.ส.ท. 2556 บทที่ 4) 98

กรณีศึกษา

เครื่องทำน้ำแข็งไฟฟ้ารั่ว..... ตาย!!!!!



ไม่ได้ติดตั้งระบบสายดินและเครื่องตัดไฟรั่ว

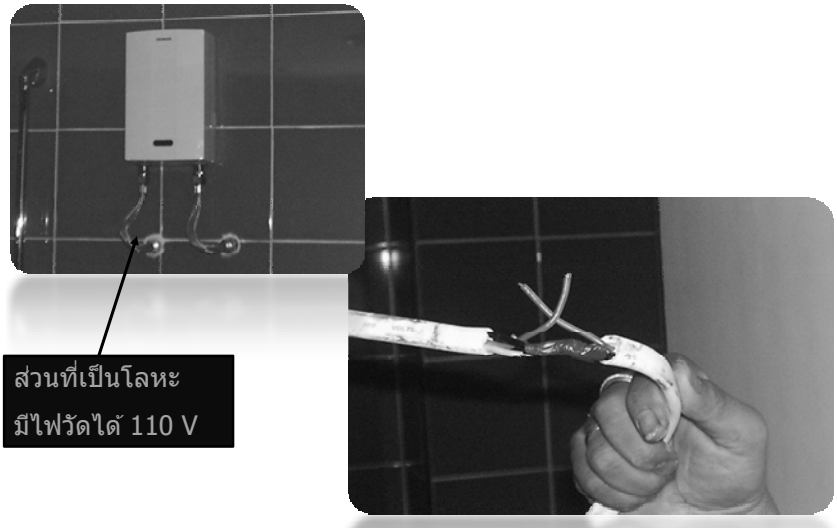
อุปกรณ์ไฟฟ้าในเครื่องทำน้ำแข็งชำรุด ไฟฟ้ารั่ว

สาเหตุ.....ไฟฟ้ารั่วที่เครื่องทำน้ำอุ่น

- ซื้อคอนโดใหม่ ก่อนเข้าไปอยู่ได้ให้ช่างไฟฟ้าติดตั้งเครื่องทำน้ำอุ่น
- หลังติดตั้งเสร็จ เจ้าของห้อง ได้เข้าไปอาบน้ำ มือจับฝักบัวถูกไฟฟ้าดูดจนเสียชีวิต !!!!

(กิตติพงษ์ วีระโพธิ์ประสิทธิ์ มาตรฐาน ว.ส.ท. 2556 บทที่ 4) 101

ตรวจสอบ สายดินที่จุดต่อสายไม่ได้ต่อ

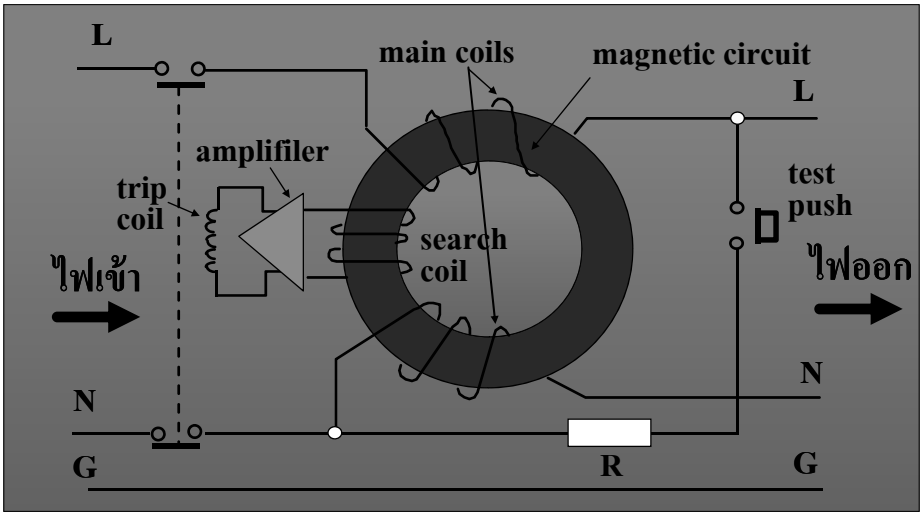


(กิตติพงษ์ วีระโพธิ์ประสิทธิ์ มาตรฐาน ว.ส.ท. 2556 บทที่ 4) 102

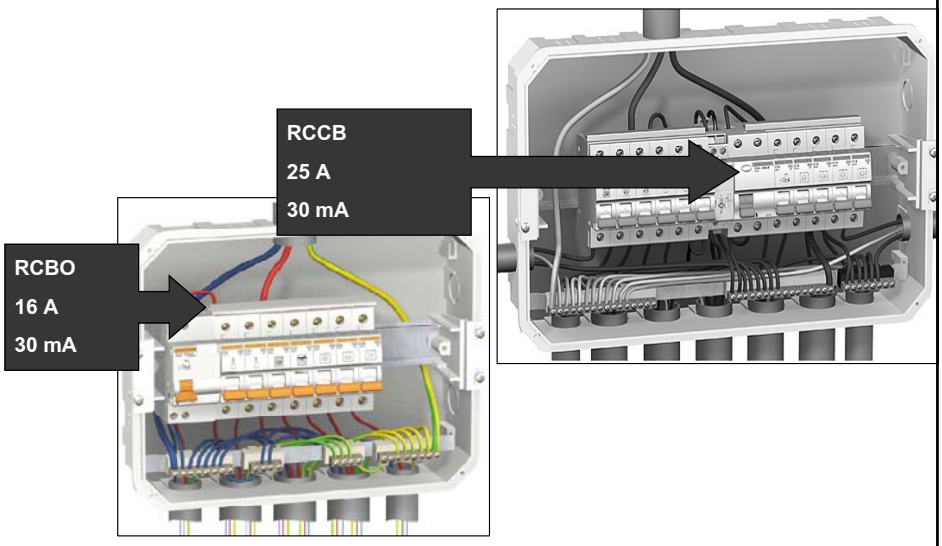
เครื่องตัดวงจรไฟฟ้า เมื่อกระแสรั่วลงดิน(RCD)

104

เครื่องตัดไฟรั่ว (RCD, RCCB, RCBO, GFCI)

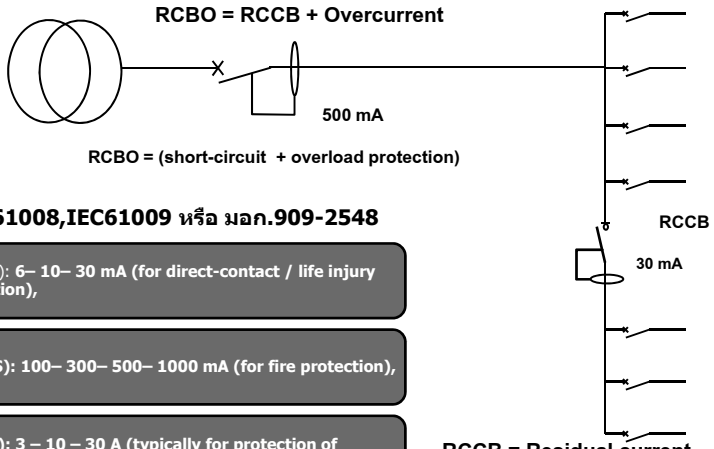


ตัวอย่างการใช้ RCBO & RCCB



(มาตรฐาน ว.ส.ท. 2001-51 บทที่ 2.) กิตติพงษ์ วีระโพธิ์ประสิทธิ์ 2555 105

เครื่องตัดไฟรั่ว (RCD) RCBO or RCCB??



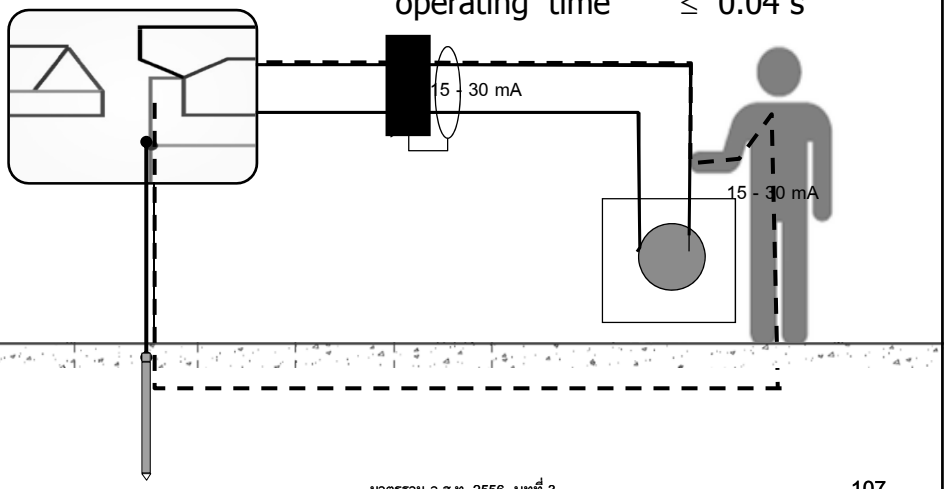
IEC 61008,IEC61009 หรือ มอก.909-2548

- RCD(HS): **6– 10– 30 mA (for direct-contact / life injury protection),**
- RCD(**MS**): **100– 300– 500– 1000 mA (for fire protection),**
- RCD(**LS**): **3 – 10 – 30 A (typically for protection of machines).**

มาตรฐาน ว.ส.ท. 2556 บทที่ 3 106

หลักการทำงานของเครื่องตัดไฟรั่ว:RCD

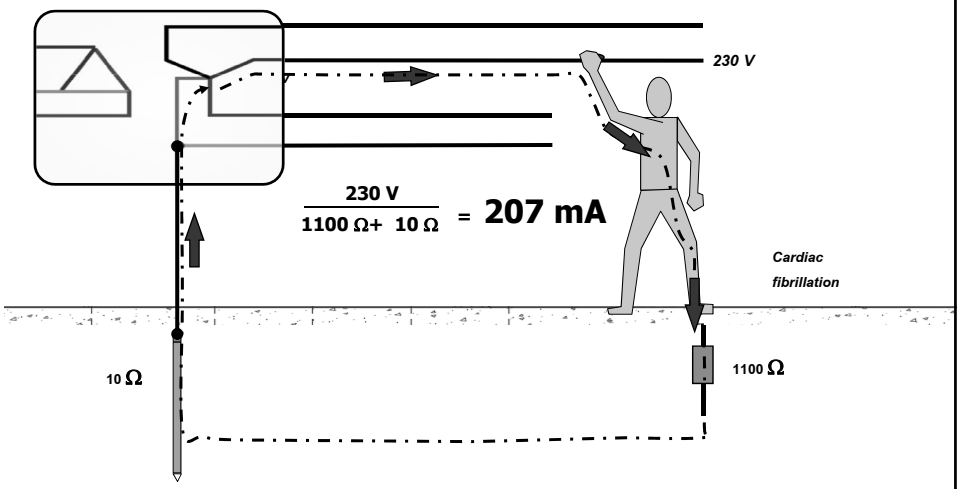
RCD:
operating current ≤ 30 mA
operating time ≤ 0.04 s



มาตรฐาน ว.ส.ท. 2556 บทที่ 3

107

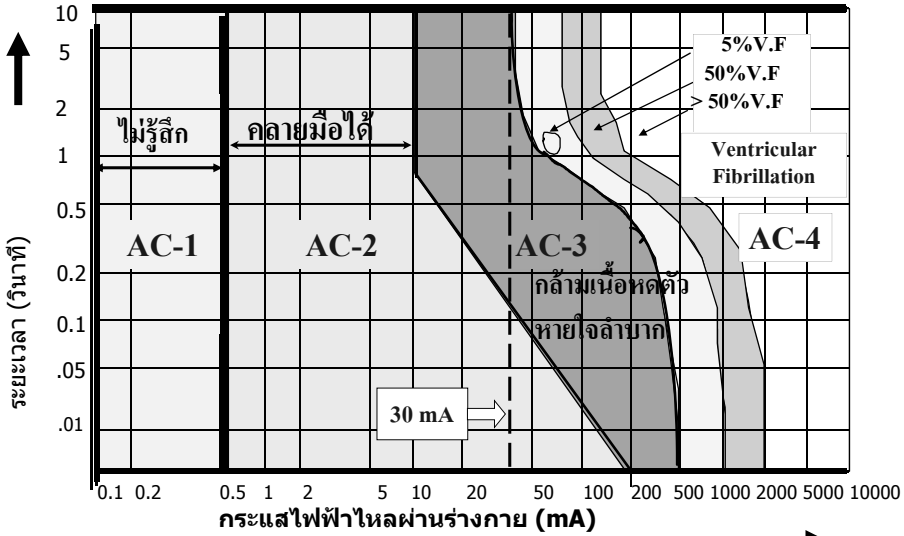
ผลของกระแสไฟฟ้าที่มีต่อร่างกายมนุษย์



มาตรฐาน ว.ส.ท. 2556 บทที่ 3

108

ผลของกระแสไฟฟ้าที่มีต่อร่างกายมนุษย์ (Critical current thresholds IEC 60479)



(มาตรฐาน ว.ส.ท. 2556 บทที่ 2.) กิตติพงษ์ วีระโพธิ์ประสิทธิ์ 2556

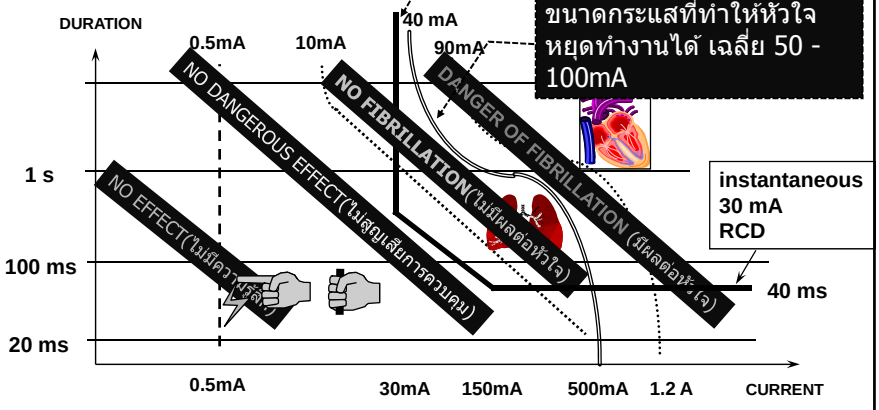
109

ผลของกระแสไฟฟ้าที่มีต่อร่างกายมนุษย์

- Critical current thresholds IEC 60479

มีผลต่อการควบคุมกล้ามเนื้อเฉลี่ย ≥30mA

ขนาดกระแสที่ทำให้หัวใจหยุดทำงานได้ เฉลี่ย 50 - 100mA

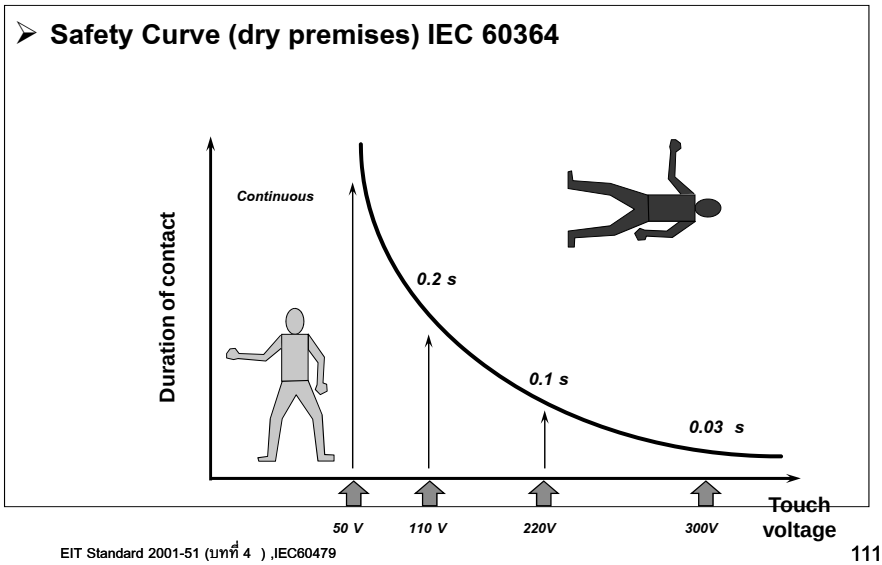


EIT Standard 2001-51 (บทที่ 4),IEC60479

110

ขนาดแรงดันไฟฟ้าที่มีผลต่อร่างกาย

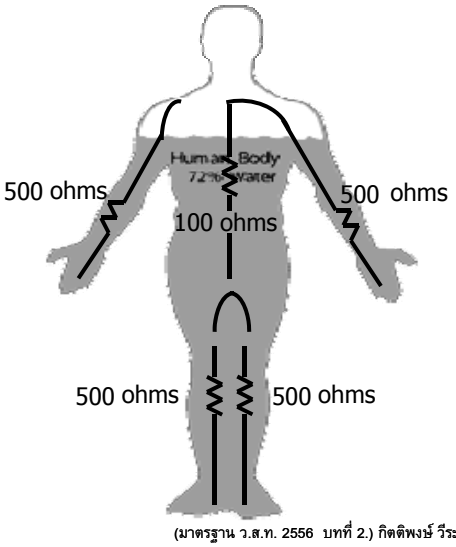
➢ **Safety Curve (dry premises) IEC 60364**



EIT Standard 2001-51 (บทที่ 4) ,IEC60479

111

ความต้านทานภายในของร่างกาย



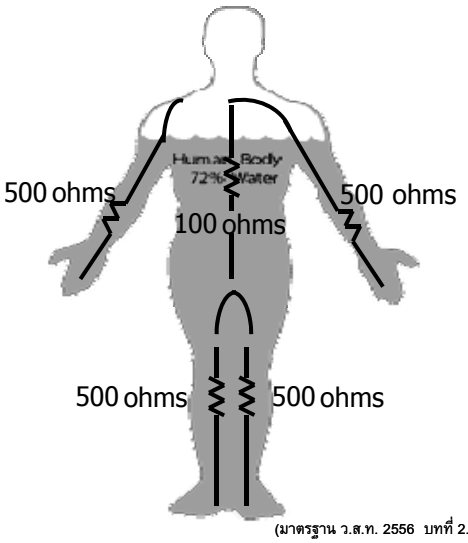
Resistance of body

Hand-to-hand	= 500+500 ohms
	= 1000 ohms
Foot-to-foot	= 500+500 ohms
	= 1000 ohms
Hand-to-foot	= 500+100+500 ohms
	= 1100 ohms

(มาตรฐาน ว.ส.ท. 2556 บทที่ 2.) กิตติพงษ์ วีระโพธิ์ประสิทธิ์ 2556

112

ความต้านทานภายในของร่างกาย



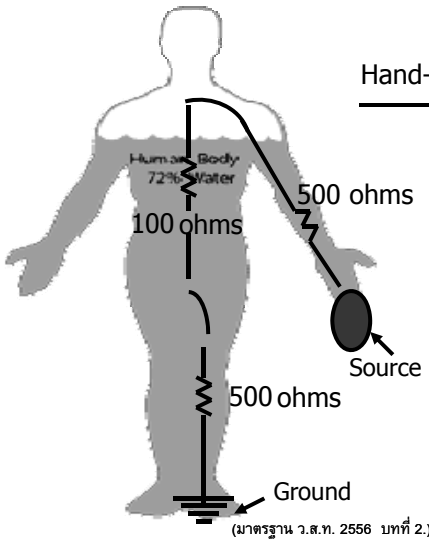
Current magnitude

$$I\,(\text{amps}) = \frac{E\ (\text{volts})}{R\ (\text{ohms})}$$

Energy

$$J\ (\text{joules}) = I^2 R\ t\ (\text{second})$$

ความต้านทานภายในของร่างกาย



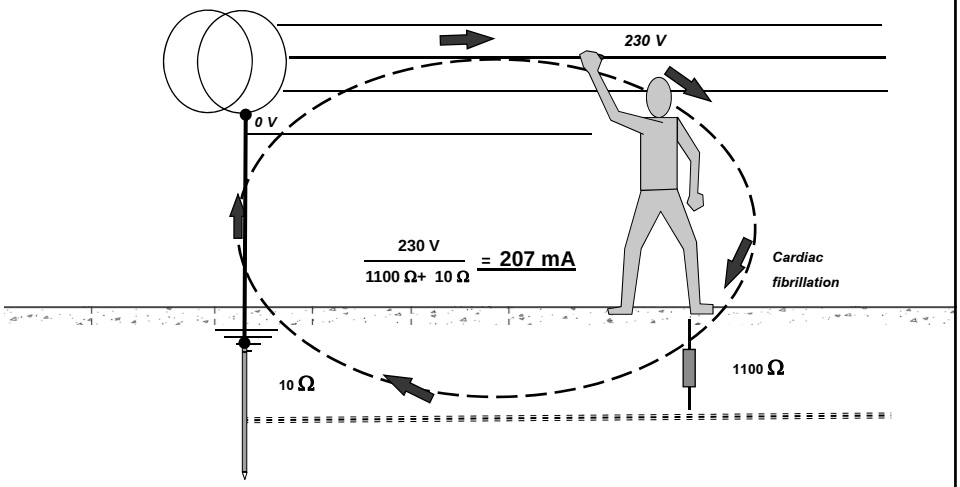
Hand-to-foot current flow path

$$I = \frac{230\ (\text{volts})}{1100\ (\text{ohms})}$$

$$= 209\ \text{mA}$$

ผลของกระแสไฟฟ้าที่มีต่อร่างกายมนุษย์

(1-loop)



(มาตรฐาน ว.ส.ท. 2556 บทที่ 2.) กิตติพงษ์ วีระโพธิ์ประสิทธิ์ 2556

115

หัวข้อ

- พื้นฐานการต่อลงดิน
- มาตรฐานการต่อลงดิน
- การวัดค่า ρ และการลดค่า R

(กิตติพงษ์ วีระโพธิ์ประสิทธิ์ มาตรฐาน ว.ส.ท. 2556 บทที่ 4)

116

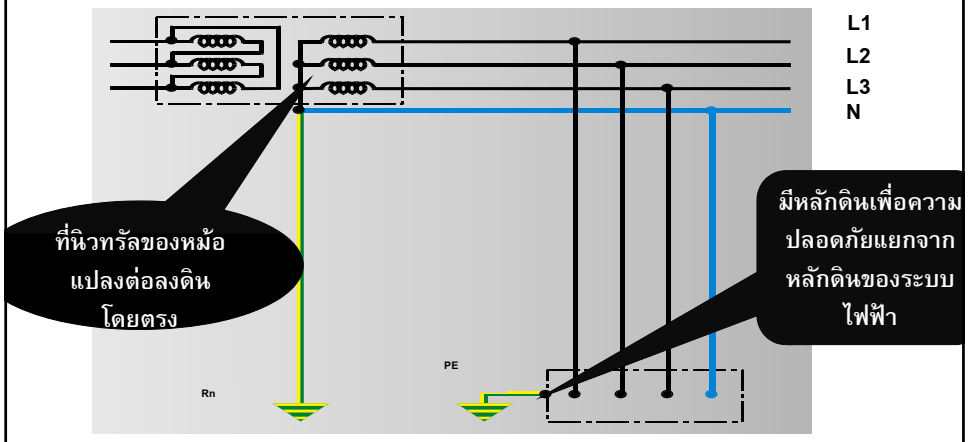
มาตรฐานการต่อลงดินตาม IEC60364-3

- ***กำหนดวิธีเรียกชื่อของระบบการต่อลงดินด้วยอักษร 3 ตัว หรือ 4 ตัว ไว้ในมาตรฐาน IEC 60364-3 เช่นระบบ TN-C, TN-S,TN-C-S, IT และ TT เป็นต้น***

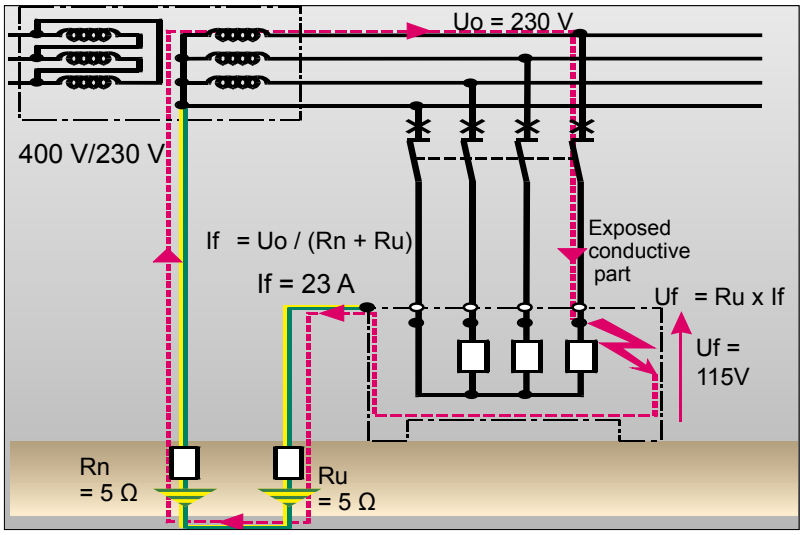
- ***อักษรตัวแรก เป็นความสัมพันธ์ระหว่าง<u>ระบบไฟฟ้า กับดิน</u>***
  - *T = มีการต่อจุดใดจุดหนึ่งของระบบไฟฟ้าลงดิน<u>โดยตรง</u>*
  - *I = แยกจากดิน(Isolated) หรือมีการต่อลงดินผ่าน Impedance*

TT System ; TT = Terre- Terre

แหล่งจ่ายไฟฟ้า



TT system; Earth-fault study

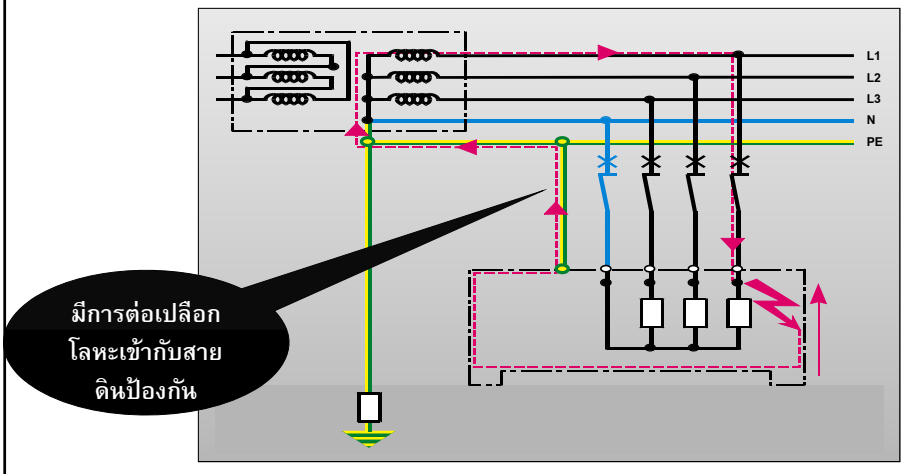


EIT Standard 2001-51 (บทที่ 4) , IEC60364-3

119

TN-S System

TN-S = Terre Neutral- Separate = สายนิวทรัลและสายดินป้องกันแยกออกจากกันตลอดทั้งระบบ

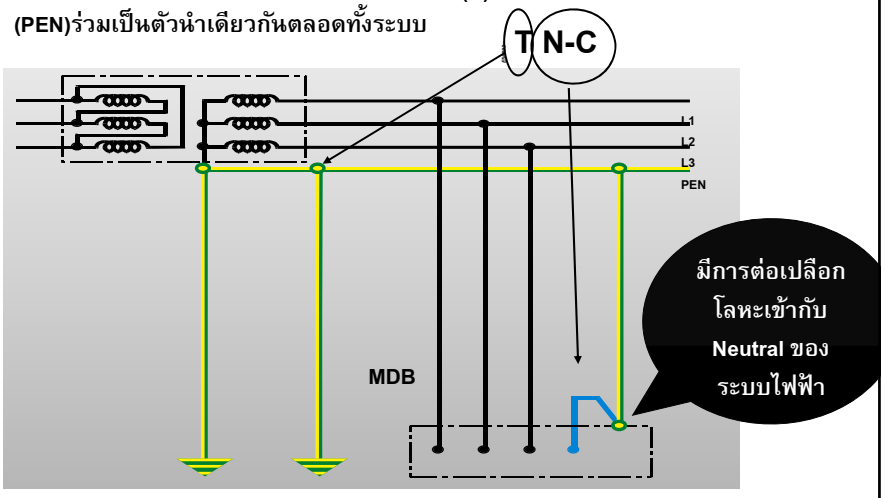


EIT Standard 2001-51 (บทที่ 4) , IEC60364-3

120

TN-C System

TN-C = Terre Neutral- Combined = สายนิวทรัล(N)และสายดินเพื่อความปลอดภัย (PEN)ร่วมเป็นตัวนำเดียวกันตลอดทั้งระบบ

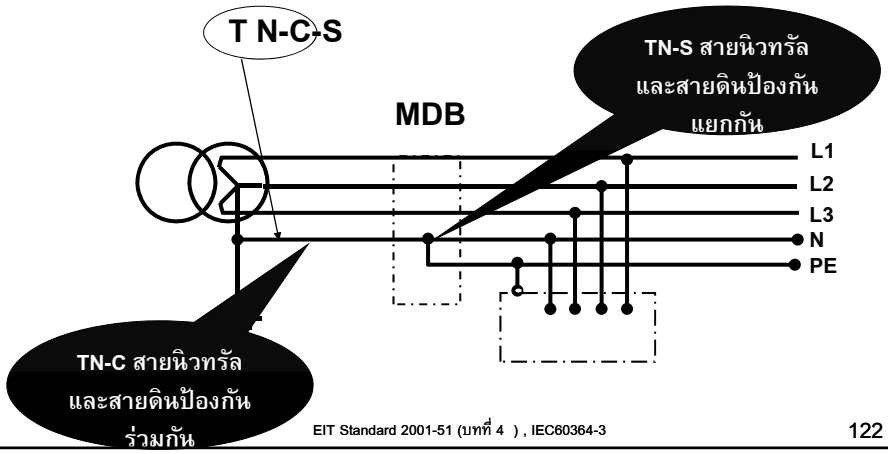


มีการต่อลงดินเป็นระยะเพื่อลดแรงดัน

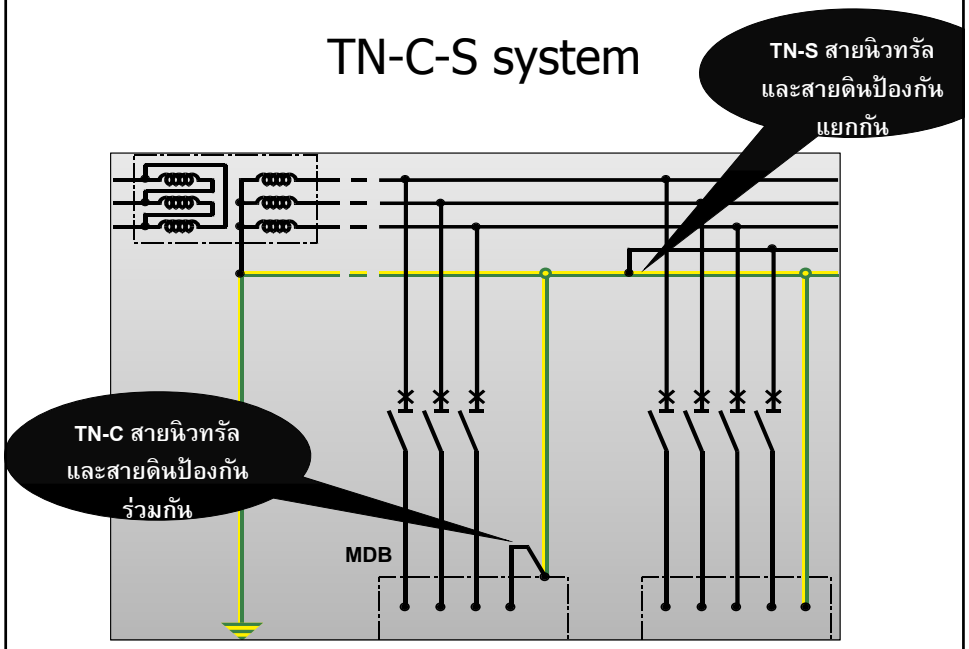
TN-C-S System

TN-C-S = Terre Neutral- Combined Separate

= สายนิวทรัลและสายดินป้องกันร่วมกันที่ต้นทาง(TN-C) และปลายทางแยกออกจากกัน(TN-S)



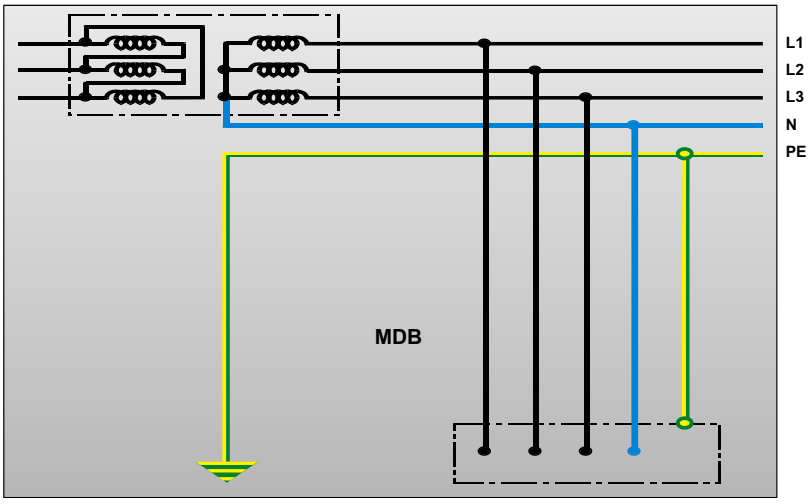
TN-C-S system



EIT Standard 2001-51 (บทที่ 4) , IEC60364-3

123

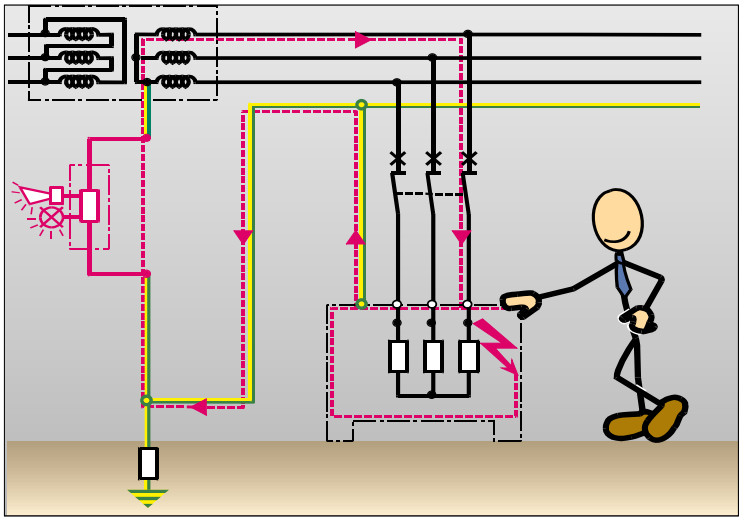
IT System



EIT Standard 2001-51 (บทที่ 4) , IEC60364-3

124

IT system; Earth-fault study



EIT Standard 2001-51 (บทที่ 4) , IEC60364-3

125

หัวข้อ

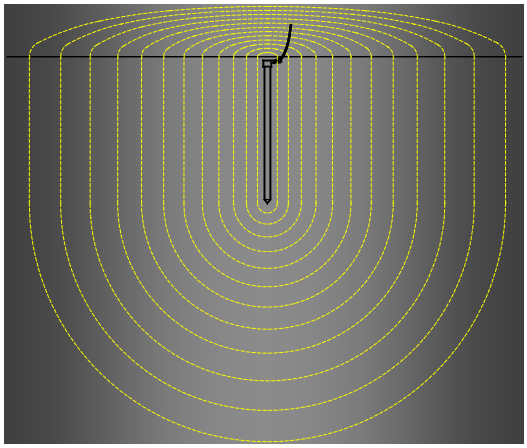
- พื้นฐานการต่อลงดิน
- มาตรฐานการต่อลงดิน
- การวัดค่า ρ และการลดค่า R

(กิตติพงษ์ วีระโพธิ์ประสิทธิ์ มาตรฐาน ว.ส.ท. 2556 บทที่ 4)

126

พื้นฐานการต่อลงดิน

Voltage Around Ground Rod



R α 1/A

R α ρ

R = Resistance

A = Surface Area

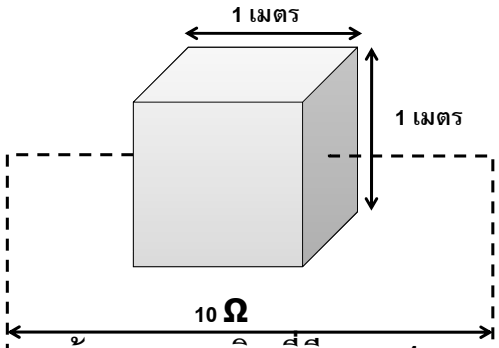
ρ = Resistivity

สภาพการนำไฟฟ้าของดิน

- ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบต่าง ๆ ดังต่อไปนี้
  - สัดส่วนของเกลือแร่ที่ละลายในดิน (Saline Water)
  - องค์ประกอบของดิน (Compositions)
  - ขนาดของอนุภาคดิน (Size of Particles)
  - ความหนาแน่นของดิน (Compactness)
  - อุณหภูมิ (Temperature)
  - ความชื้น (Moisture)
  - เงื่อนไขของสภาพภูมิอากาศ (Weather Conditions)

การวัดความต้านทานดินจำเพาะของดิน (ρ)

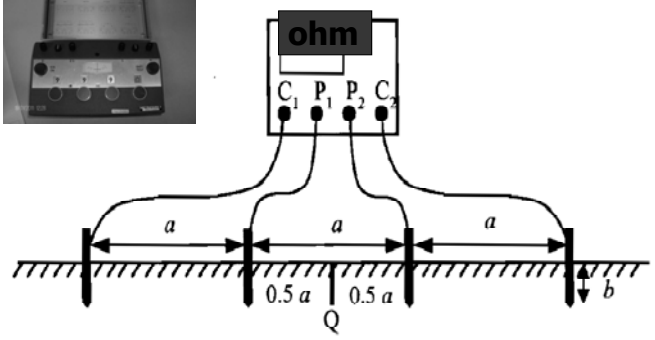
- ความต้านทานจำเพาะของดิน 10 โอห์ม-เมตร คือ????



- หมายถึงความต้านทานของดิน ที่มีขนาด 1 ลูกบาศก์เมตร วัดค่าได้ 10 โอห์ม

การวัดความต้านทานดินจำเพาะของดิน (ρ)

การวัด R จำเพาะของดิน (ปัจจุบันใช้วิธี Wenner)

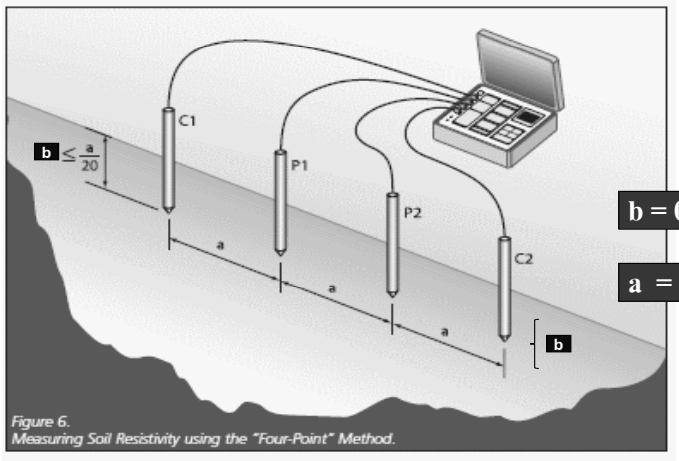


C_1 ; ขั้วกระแส 1
C_2 ; ขั้วกระแส 2
P_1 ; ขั้วแรงดัน 1
P_2 ; ขั้วแรงดัน 6-10 m
a ; ระยะห่าง
Q ; จุดที่วัดค่า 0.3-0.5 m
b ; ความลึก

<u>ระยะ a</u> เป็นตัวกำหนดความลึกของดินที่ต้องการวัด R จำเพาะของดิน เช่น a = 3 เมตร คือการวัด R จำเพาะของดินลึก 3 เมตร

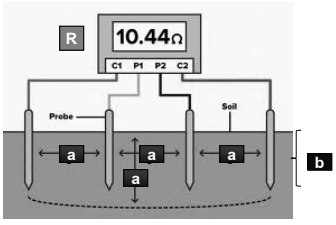
การวัดความต้านทานดินจำเพาะของดิน (ρ)

การวัด R จำเพาะของดิน (ปัจจุบันใช้วิธี Wenner)



การวัดความต้านทานดินจำเพาะของดิน (ρ)

ค่า R ที่นำไปแทนในสมการเพื่อหาค่า ρ



$$\rho_a = \frac{4\pi aR}{\left[1 + \frac{2a}{\sqrt{a^2+4b^2}} - \frac{a}{\sqrt{a^2+b^2}}\right]} \quad \text{(โอห์ม – เมตร)}$$

a	ระยะห่างระหว่างปลายแหลม (เมตร)
b	ความลึกของแท่งปลายแหลมที่ฝังดิน (เมตร)
R	ความต้านทานที่อ่านได้จากเครื่องมือวัด (โอห์ม)

การวัดความต้านทานดินจำเพาะของดิน (ρ)

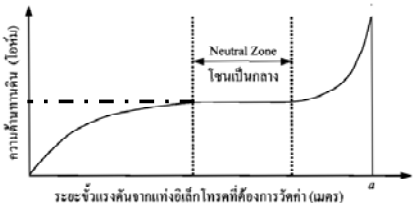
ตัวอย่าง ความต้านทานจำเพาะของดินชนิด ต่างๆ ดังแสดงในตาราง

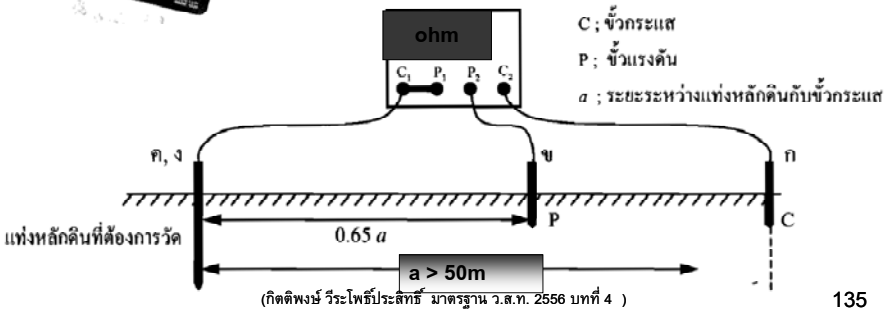
ชนิดของดิน	ความต้านทานจำเพาะเฉลี่ย (Ω-m)
ดินผสมวัชพืชเปียก	10
ดินชื้น	100
ดินแห้ง	1000
ทราย	500 - 1000
หินแข็ง	10000

การวัดความต้านทานดินจำเพาะของดิน (ρ)

การวัดความต้านทานดินจำเพาะของดิน (ρ)

การวัดความต้านทานของแท่งหลักดิน แบบ 3 จุด



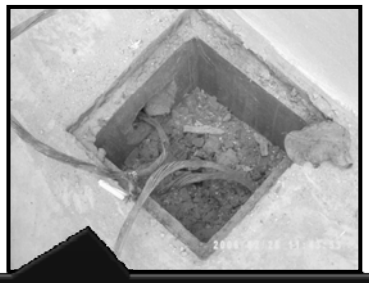


การต่อสายดินเข้ากับรากสายดิน

- ใช้วิธี Exothermic Welding
- ใช้ Connector ,หูสาย , หัวต่อแบบบีบอัด
- ห้ามใช้วิธีบัดกรีเป็นหลัก
- ห้ามต่อสายมากกว่า 1 เส้นเข้ากับหลักดิน เว้นแต่จะใช้อุปกรณ์ต่อที่เหมาะสม

ตย. การเชื่อมด้วยความร้อน (Exothermic Welding)

การต่อสายเข้ากับหลักดินต้องใช้
- วิธีเชื่อมด้วยความร้อน Exothermic Welding)



- หลักดินทำตามข้อ 2.4.1
- ทำด้วยทองแดง ปลายสุดต้องฝังดินลึก ไม่ต่ำกว่า 0.3 m.

137

(กิตติพงษ์ วีระโพธิ์ประสิทธิ์ มาตรฐาน ว.ส.ท. 2556 บทที่ 4)

Exothermic welding

(กิตติพงษ์ วีระโพธิ์ประสิทธิ์ มาตรฐาน ว.ส.ท. 2556 บทที่ 4)

138

Exothermic Weld

Typical Substation Connection

CADWELD® Connections

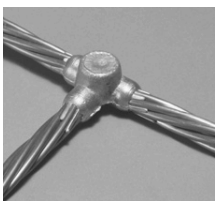
(กิตติพงษ์ วีระโพธิ์ประสิทธิ์ มาตรฐาน ว.ส.ท. 2556 บทที่ 4)

139

Types of Connections

- **Mechanical (Bolted, Wedge, Compression)**
  - **Rely on Physical Pressure to Maintain Connection**

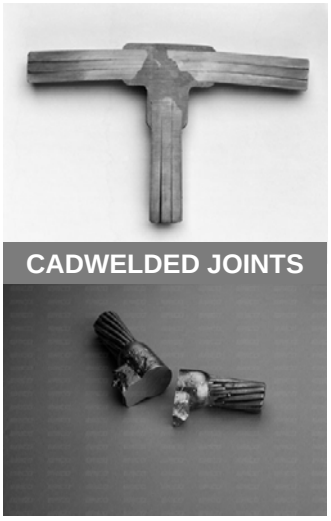
- **Exothermic Welding**
  - **Permanent Molecular Bond**



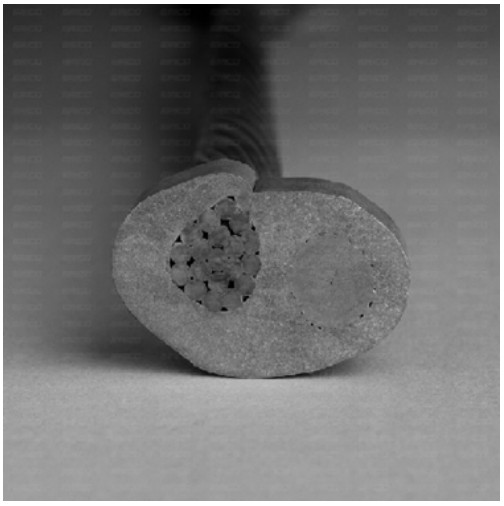
(กิตติพงษ์ วีระโพธิ์ประสิทธิ์ มาตรฐาน ว.ส.ท. 2556 บทที่ 4)

140

CADWELD vs. MECHANICAL CONNECTIONS

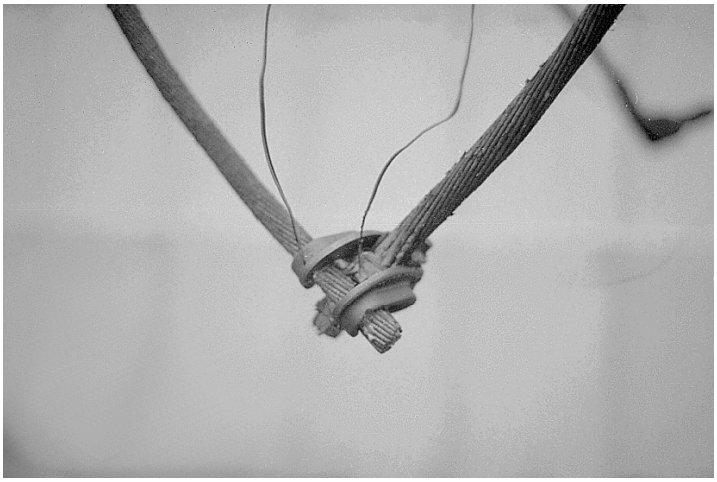


CADWELDED JOINTS



MECHANICAL JOINTS

MECHANICAL / BOLTED CONNECTOR



CLAMP TYPE CONNECTOR

(กิตติพงษ์ วีระโพธิ์ประสิทธิ์ มาตรฐาน ว.ส.ท. 2556 บทที่ 4)

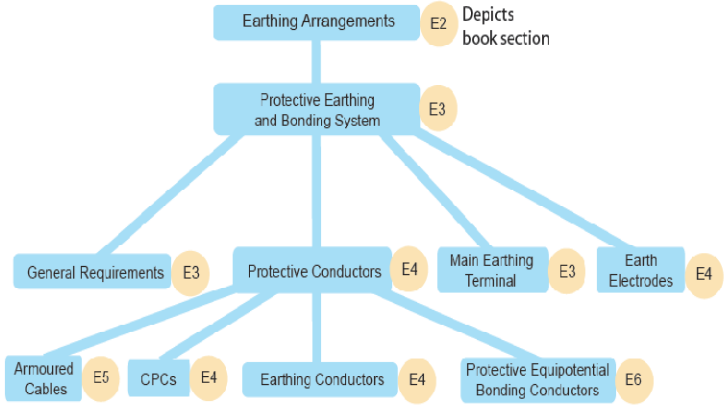
143

CADWELD TYPE CONNECTION

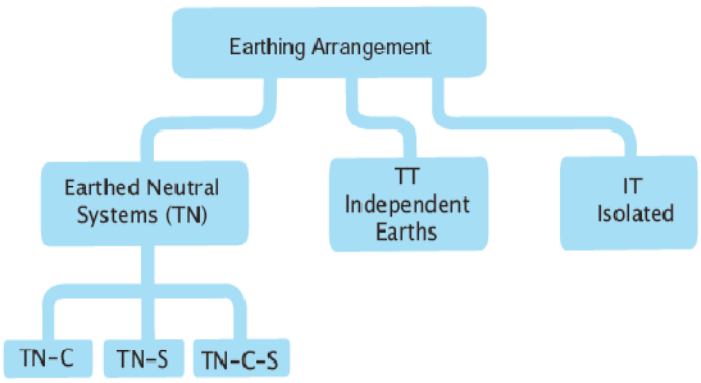
(กิตติพงษ์ วีระโพธิ์ประสิทธิ์ มาตรฐาน ว.ส.ท. 2556 บทที่ 4)

144

Protective earthing and protective equipotential bonding interactions



Earthing Arrangement



Earthing Arrangement