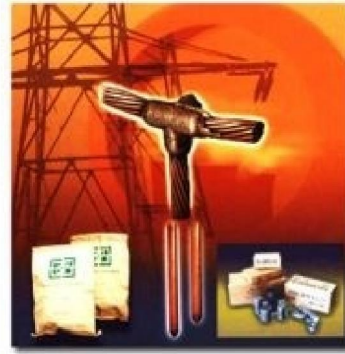


การต่อลงดิน

ผู้บรรยาย

อ.มนตรี เจาเดช

<http://montri.rmutl.ac.th>



หมายเหตุ เอกสาร Present นี้อ้างอิงตารางตามหนังสือ
มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2545
ขอขอบคุณ เอกสารอ้างอิงจาก อ.ชำนาญ ห่อเกียรติ และ อ.ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์
และรูปภาพจาก NEC Handbook 2002, เอกสารจากบริษัท Boswell, บริษัท Erico

บทนำ

- การต่อลงดิน (Grounding หรือ Earthing) เป็นข้อกำหนดที่สำคัญมากที่สุดอย่างหนึ่ง
- NEC Article 250 “ Grounding ”
- IEC 364-5-54 “ Earthing Arrangement and Protective Conductors ”
- ว.ส.ท. บทที่ 4 “ การต่อลงดิน ”

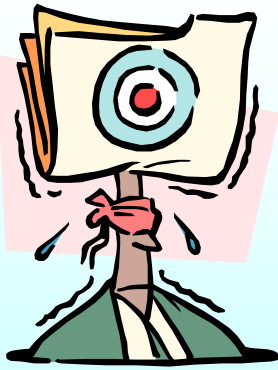
การต่อลงดิน มีประโยชน์อยู่ 2 ประการ คือ

1. เพื่อป้องกันอันตราย ที่จะเกิดกับบุคคลที่บังเอิญไปสัมผัสกับส่วนที่เป็นโลหะ ของเครื่องบริภัณฑ์ไฟฟ้า และส่วนประกอบอื่นๆ ที่มีแรงดันไฟฟ้า เนื่องจากการรั่วไหล หรือ การเหนี่ยวนำทางไฟฟ้า
2. เพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดกับอุปกรณ์ หรือ ระบบไฟฟ้าเมื่อเกิดการลัดวงจรลงดิน

เนื้อหา



- ❓ ทำไมต้องมีระบบสายดิน?
- ❓ ทฤษฎีเบื้องต้นของสายดิน
- ❓ ระบบสายดินตามมาตรฐานประกอบด้วย



ทำไม 
 ต้องมีระบบสายดิน
 และการต่อลงดิน

RMUTL

ไฟฟ้าทำให้เกิดอันตรายได้อย่างไร

- ไฟดูด (Electrical Shock)
- เปลวอาร์ค และระเบิด (Arc and Blast)
- บาดเจ็บ หรือตายจากการตกจากที่สูง



RMUTL

6

ไฟฟ้าทำให้เกิดอันตรายได้อย่างไร (ต่อ)

เราจะถูกไฟฟ้าดูดได้อย่างไร

- สัมผัสโดยตรง
- สัมผัสทางอ้อม



1000 milliamperes or 1 ampere



It doesn't
Take much
Current to
Cause damage
Or to
Cause death

milliamperes

1000	Will light a 100 watt bulb
900	
300	Severe burns
200	Breathing stops
100	Heart stops beating
90	
60	
30	Suffocation possible
20	Muscle contraction
10	Cannot let go
5	GFCI will trip
2	Mild shock
1	Threshold of sensation

กระแสไฟฟ้ามากเท่าใดจึงจะเป็นอันตราย

RMUTL

9






RMUTL

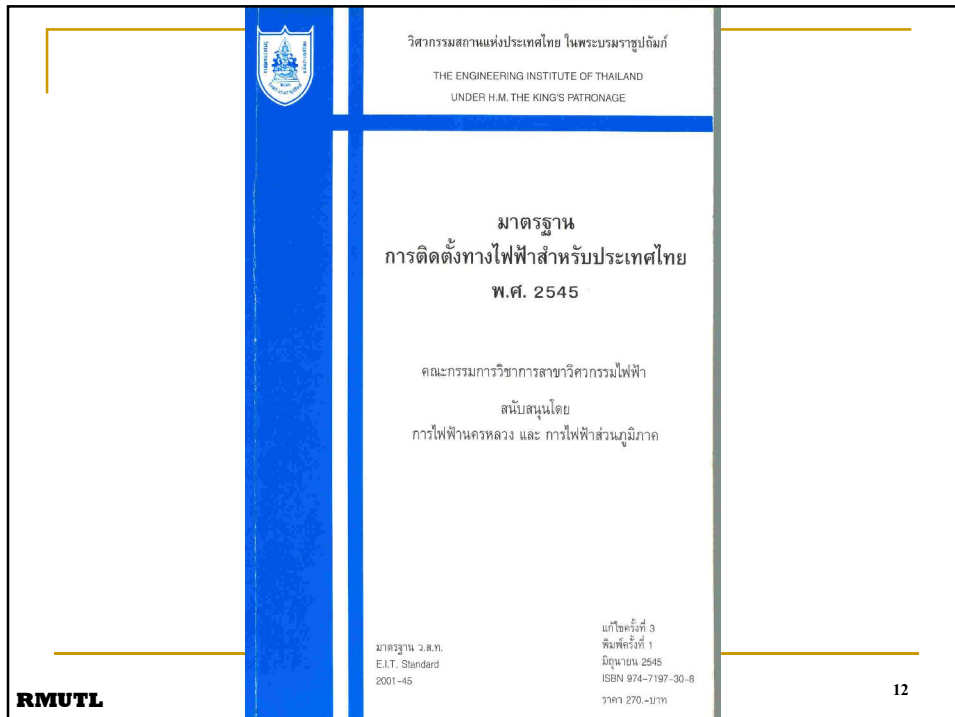
10



ตามมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้า สำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2545

**กฟผ. ประกาศบังคับให้ผู้ใช้ไฟ ติดตั้งระบบ
สายดิน ตั้งแต่ 1 ต.ค. 2546 เป็นต้นไป**

RMUTL



1. ในเขตเทศบาล สำหรับผู้ใช้ไฟรายใหม่ทุกประเภท ทุกขนาดมิเตอร์ ต้องมีระบบสายดินและการต่อลงดิน

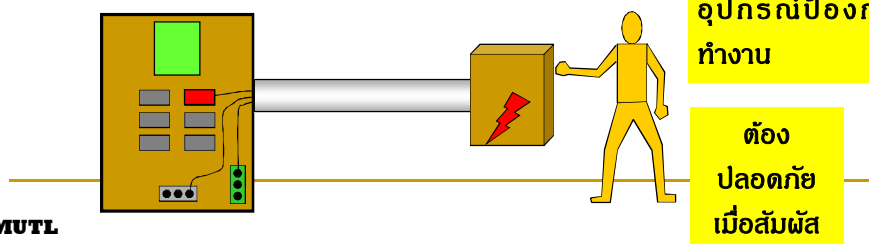
2. นอกเขตเทศบาล , เขตชนบท สำหรับผู้ใช้ไฟรายใหม่ทุกประเภท กรณี ติดตั้งมิเตอร์ไม่เกิน 5(15) แอมป์ จะมีระบบสายดินหรือไม่ก็ได้

3. สำหรับผู้ใช้ไฟรายเดิม ขอเพิ่มขนาดมิเตอร์ ให้ทำการต่อสายดินที่แผงเมนสวิตช์ เท่านั้น ไม่ต้องทำระบบสายดินใหม่

RMUTL

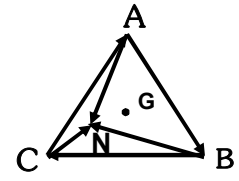
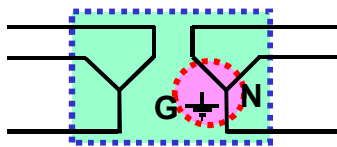
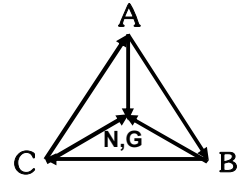
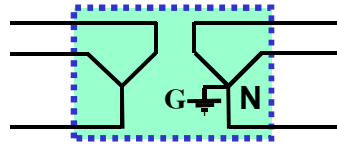
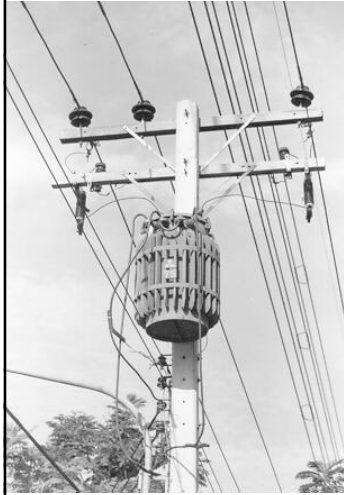
วัตถุประสงค์ของการต่อลงดิน

- เพื่อให้อุปกรณ์ป้องกันทำงาน
- เพื่อให้เกิดความปลอดภัย
- เพื่อให้เกิดคุณภาพทางไฟฟ้า

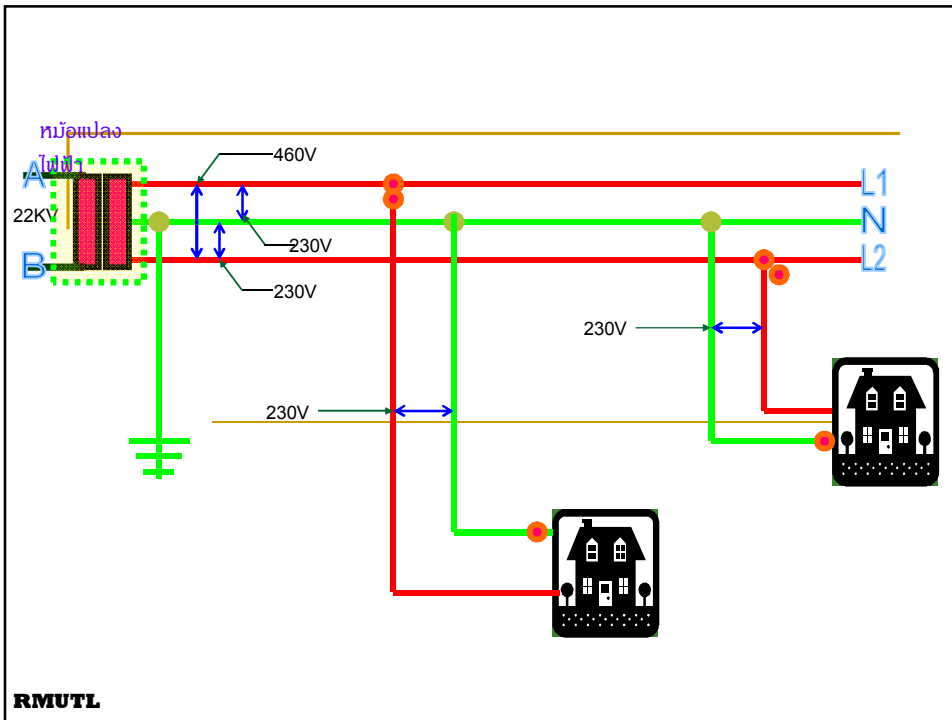


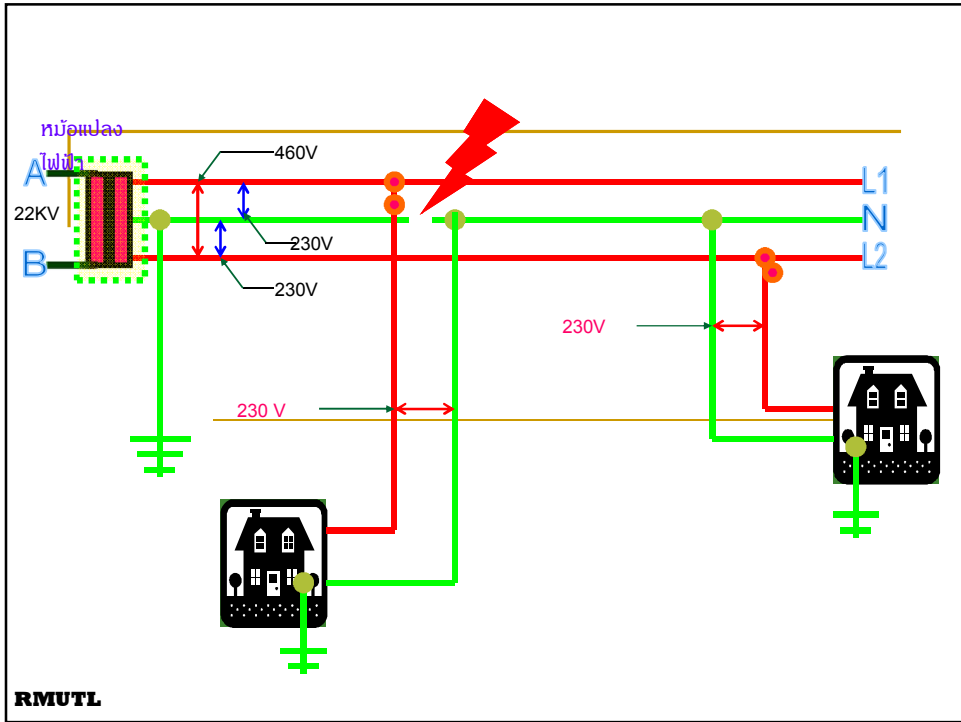
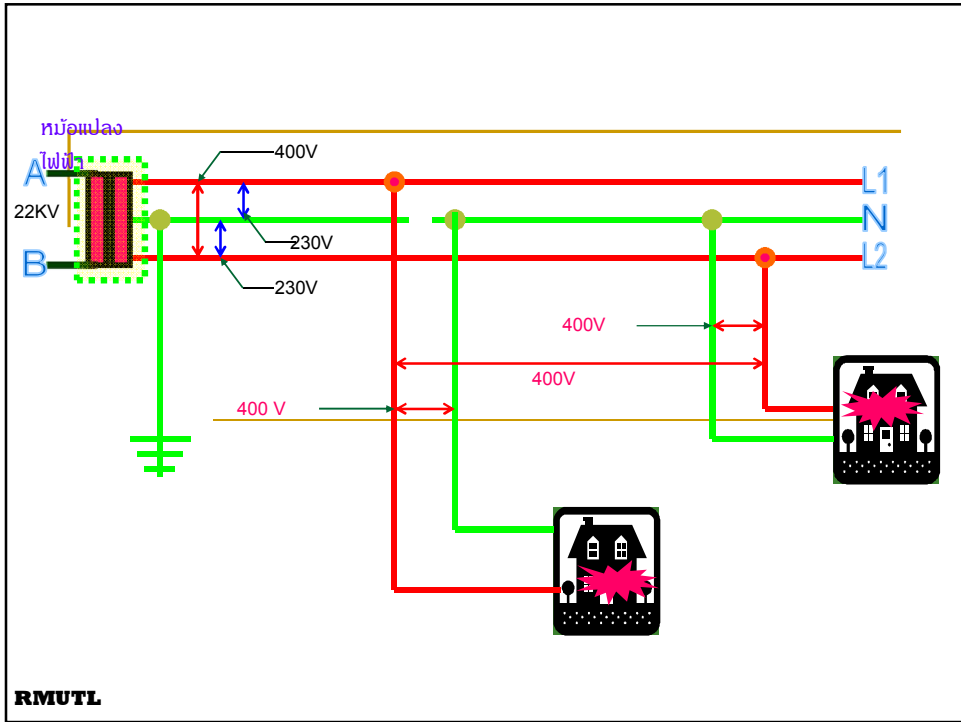
RMUTL

มีคุณภาพทางไฟฟ้า



RMUTL





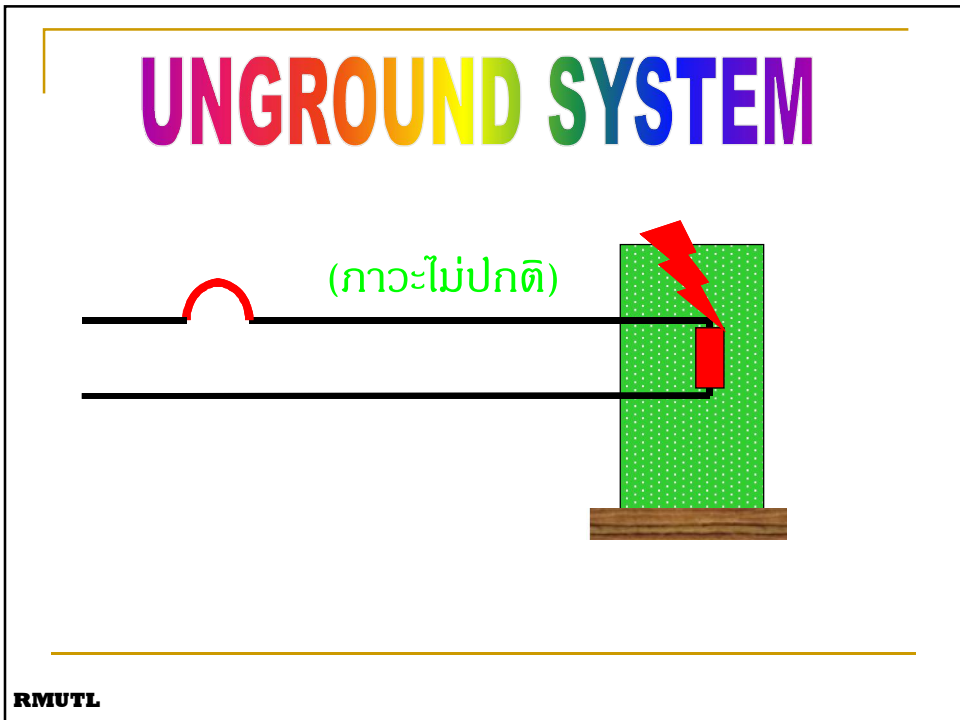
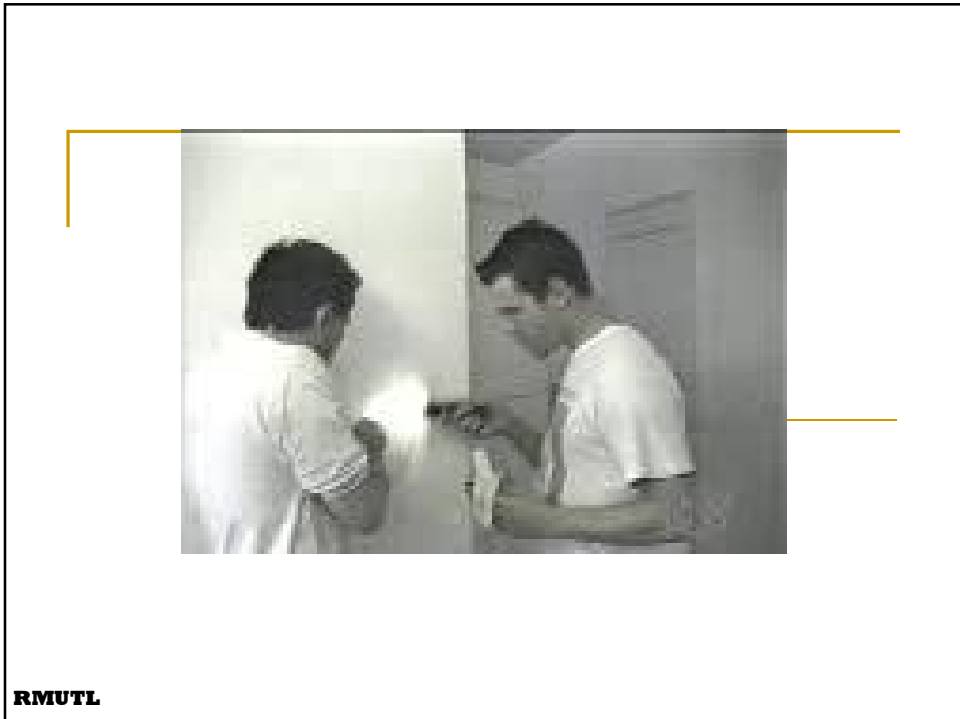


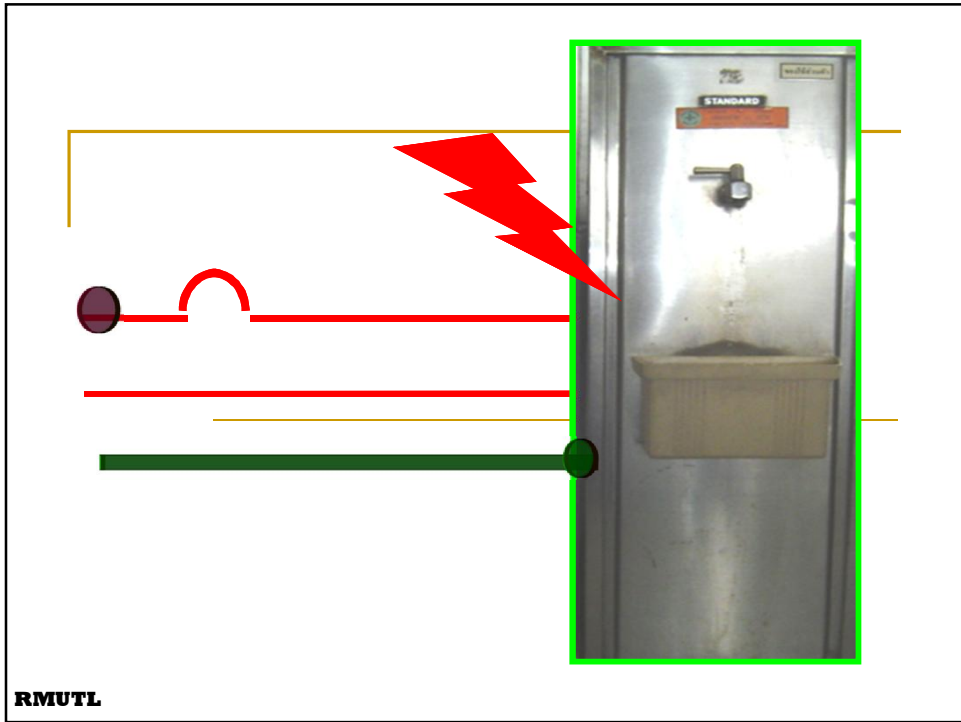
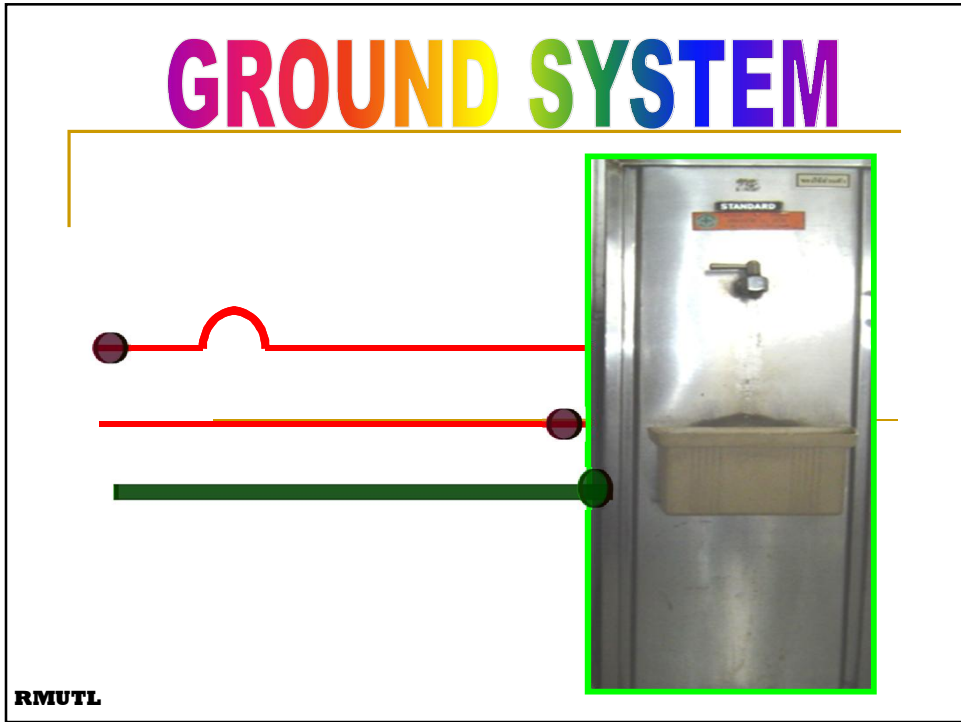
RMUTL

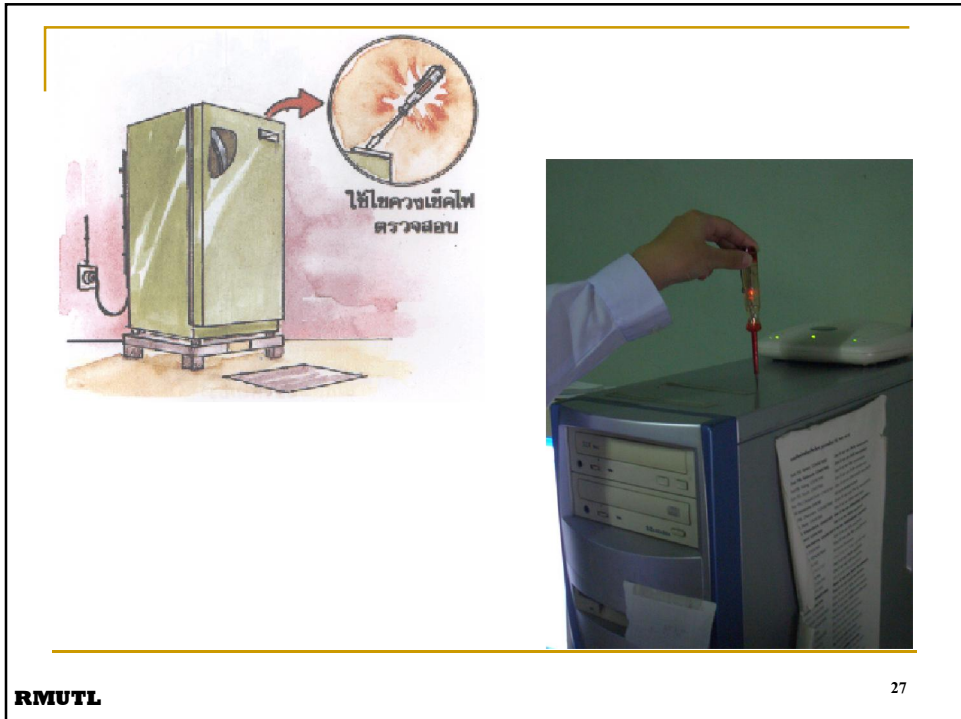


RMUTL







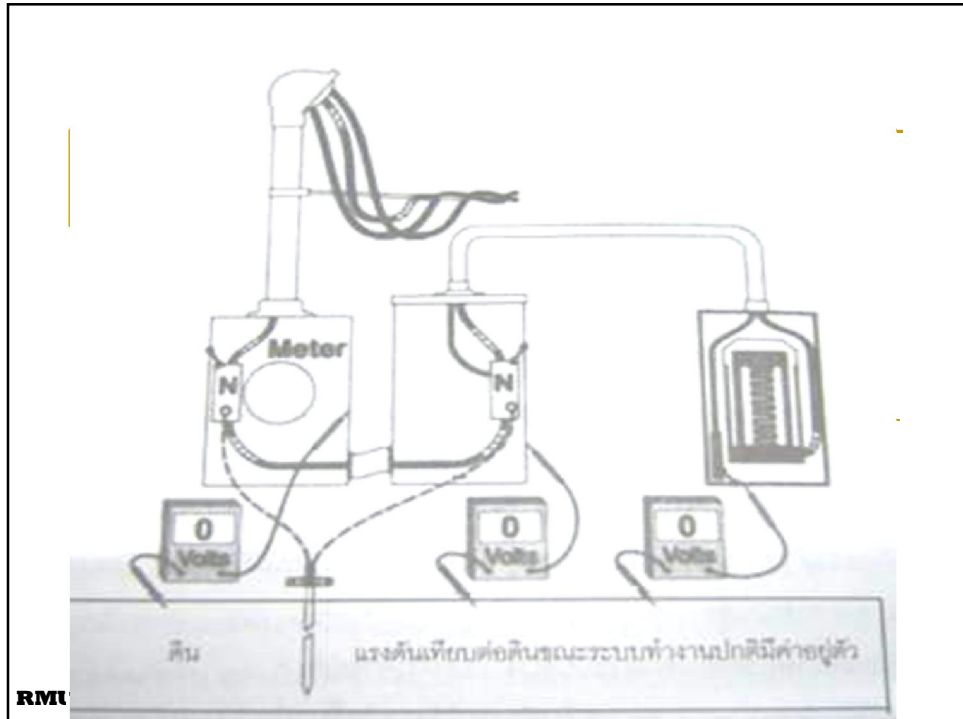




RMUTL

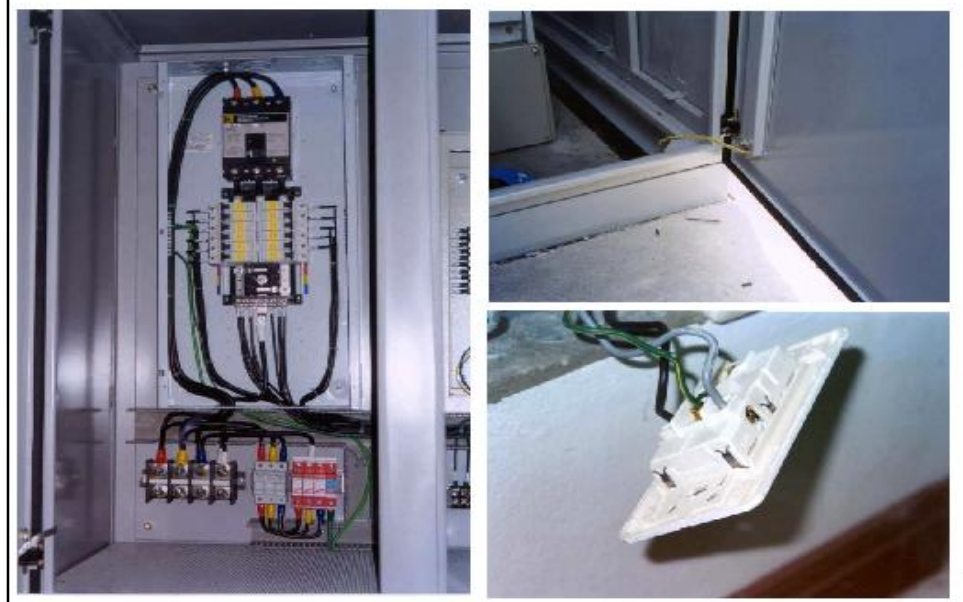


RMUTL



RMT

การต่อลงดิน Grounding



ทฤษฎีเบื้องต้นของสายดิน

ความหมายของการต่อลงดิน

การใช้ตัวนำต่อ (โดยตั้งใจหรือไม่ตั้งใจก็ตาม) ระหว่างวงจรไฟฟ้าหรือบริเวณที่ไฟฟ้าหรือสิ่งปลูกสร้างกับพื้นโลกหรือตัวนำอื่นที่มีขนาดใหญ่จนรับหน้าที่แทนโลกได้

RMUTL

ระบบการต่อลงดินที่ดี



- มีความ**แข็งแรง**ทางกลเพียงพอ สามารถทนการกัดกร่อนได้
- เป็นชนิดติดตั้งถาวรและมีความต่อเนื่องทางไฟฟ้า
- รับความร้อนที่เกิดจากกระแสลัดวงจรทุกชนิดที่อาจเกิดขึ้นโดยไม่เสียหาย

RMUTL

ระบบการต่อลงดินที่ดี (ต่อ)



- ☀️ จำกัดหรือควบคุมแรงดัน ที่เกิดขึ้นในระบบให้มีความปลอดภัยเพียงพอต่อการใช้งานของอุปกรณ์ไฟฟ้าหรือการทำงานของคน, สัตว์ ที่อยู่ใกล้เคียง
- ☀️ ต้องมีอิมพีแดนซ์ต่ำเพียงพอ เพื่อให้ อุปกรณ์ป้องกันทำงานตามที่กำหนดเมื่อมีการลัดวงจรลงดิน

RMUTL

ชนิดการต่อลงดินและส่วนประกอบต่างๆ

การต่อลงดินสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ

1. การต่อลงดินของระบบไฟฟ้า (System Grounding)
2. การต่อลงดินของปริกัณฑ์ไฟฟ้า (Equipment Grounding)

การต่อลงดินของระบบไฟฟ้า

หมายถึง การต่อส่วนใดส่วนหนึ่งของระบบไฟฟ้าที่มีกระแสไหลผ่านลงดิน เช่น การต่อจุดนิวทรัล (Neutral Point) ลงดิน

การต่อลงดินของปริกัณฑ์ไฟฟ้า

หมายถึง การต่อส่วนที่เป็นโลหะ ที่ไม่มีกระแสไหลผ่านของอุปกรณ์ต่างๆ ลงดิน



RMUTL

36

การต่อลงดินตามมาตรฐาน

การต่อลงดินสามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิด



-  การต่อลงดินของวงจรและระบบไฟฟ้า
-  การต่อลงดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า

RMUTL

1) การต่อลงดินของระบบไฟฟ้า

การต่อส่วนใดส่วนหนึ่งของระบบไฟฟ้าที่มีกระแสไหลผ่านลงดิน เช่น การต่อจุดนิวทรัล ลงดิน

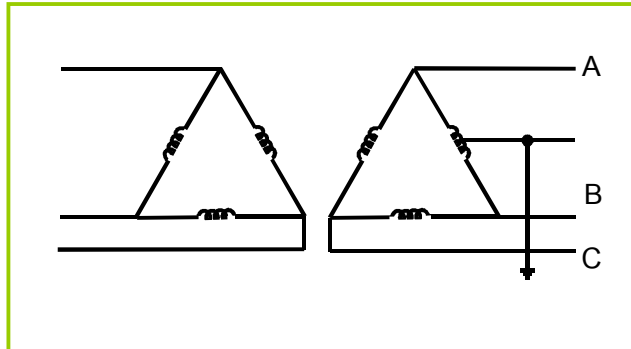
ซึ่งตามมาตรฐานแยกเป็นกลุ่มต่าง ๆ ตามระดับแรงดัน



RMUTL

1) การต่อลงดินของระบบไฟฟ้า

Ex. 50-1000 V.

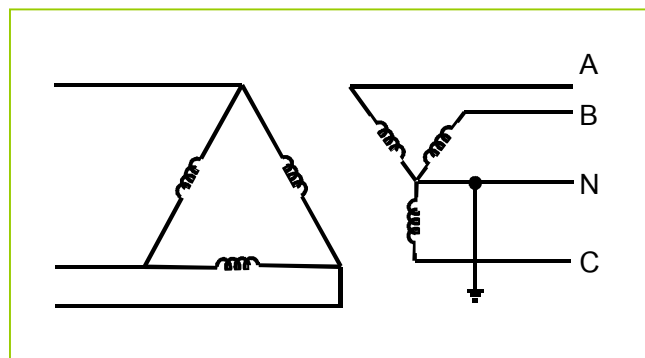


ระบบ 3 เฟส 4 สาย (เดลต้า-เดลต้า)

RMUTL

1) การต่อลงดินของระบบไฟฟ้า

50-1000 V.

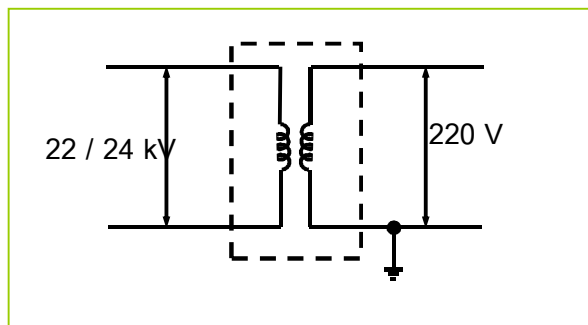


ระบบ 3 เฟส 4 สาย (เดลต้า-วาย)

RMUTL

1) การต่อลงดินของระบบไฟฟ้า

50-1000 V.

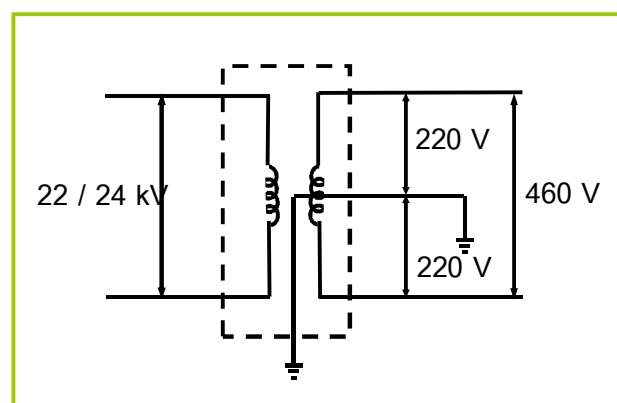


ระบบ 1 เฟส 2 สาย

RMUTL

1) การต่อลงดินของระบบไฟฟ้า

50-1000 V.



ระบบ 1 เฟส 3 สาย

RMUTL

2) การต่อลงดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า

การต่อส่วนที่เป็นโลหะ ที่ไม่มีกระแสไหลผ่านของ อุปกรณ์ต่าง ๆ ลงดิน

ซึ่งก็ไม่ใช่อุปกรณ์ทุกชนิดที่ต้องมีการต่อลงลงดิน

RMUTL

การต่อลงดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า

- ✓ บริภัณฑ์ไฟฟ้าที่มีเครื่องห่อหุ้มเป็นโลหะ
- ✓ เครื่องห่อหุ้มเป็นโลหะของสายไฟฟ้า แผง บริภัณฑ์ประธาน, โครงและรางปั้นจั่นที่ใช้ ไฟฟ้า, โครงของตู้ลิฟท์, ลวดสลิงยกของที่ ใช้ไฟฟ้า
- ✓ สิ่งกั้นที่เป็นโลหะ, รั้วโลหะ

RMUTL

การต่อลงดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า

- ✓ บริภัณฑ์ไฟฟ้าที่ใช้เต้าเสียบ
(ยกเว้นฉนวน 2 ชั้น)
- ✓ บริภัณฑ์ไฟฟ้าที่ยึดติดกับที่ หรือชนิดที่เดินสายไฟฟ้าถาวร ต้องต่อลงดิน ถ้ามีสภาพตาม ว.ส.ท. ข้อ 4.9.1-4.9.5 ต่อไปนี้

RMUTL

การต่อลงดินมีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ

1. หลักดิน หรือ ระบบหลักดิน (Grounding Electrode or Grounding Electrode System)
2. สายต่อหลักดิน (Grounding Electrode Conductor)
3. สายที่มีการต่อลงดิน (Grounded Conductor)
4. สายต่อฝากหลัก (Main Bonding Jumper)
5. สายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า (Equipment Grounding Conductor)

RMUTL

46

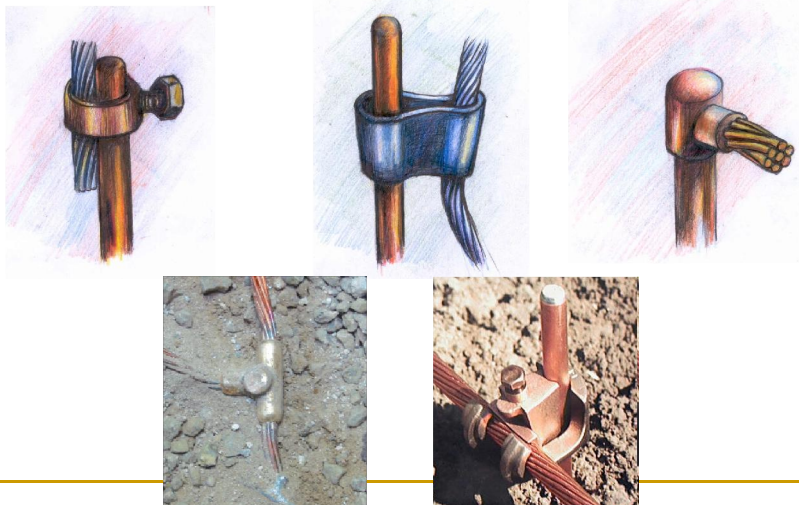
1.หลักดิน หรือ ระบบหลักดิน (Grounding Electrode or Grounding Electrode System)



RMUTL

47

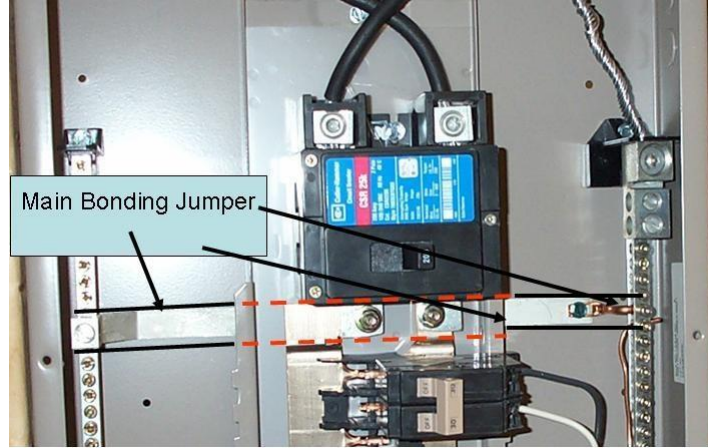
2.สายต่อหลักดิน (Grounding Electrode Conductor)



RMUTL

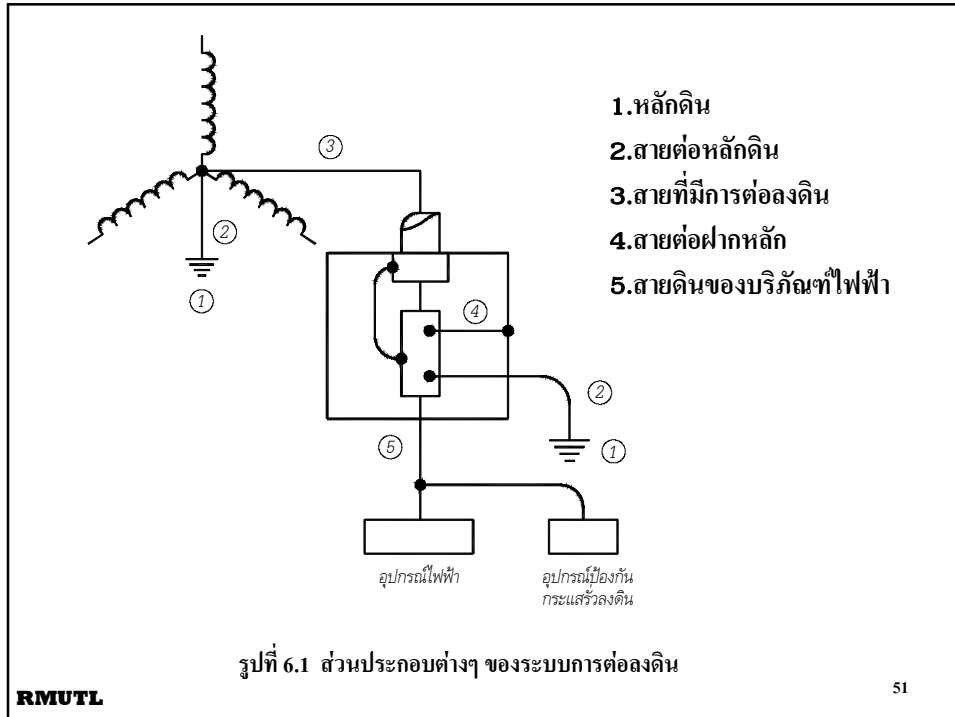
48

4.สายต่อฝากหลัก (Main Bonding Jumper)



สายต่อฝาก





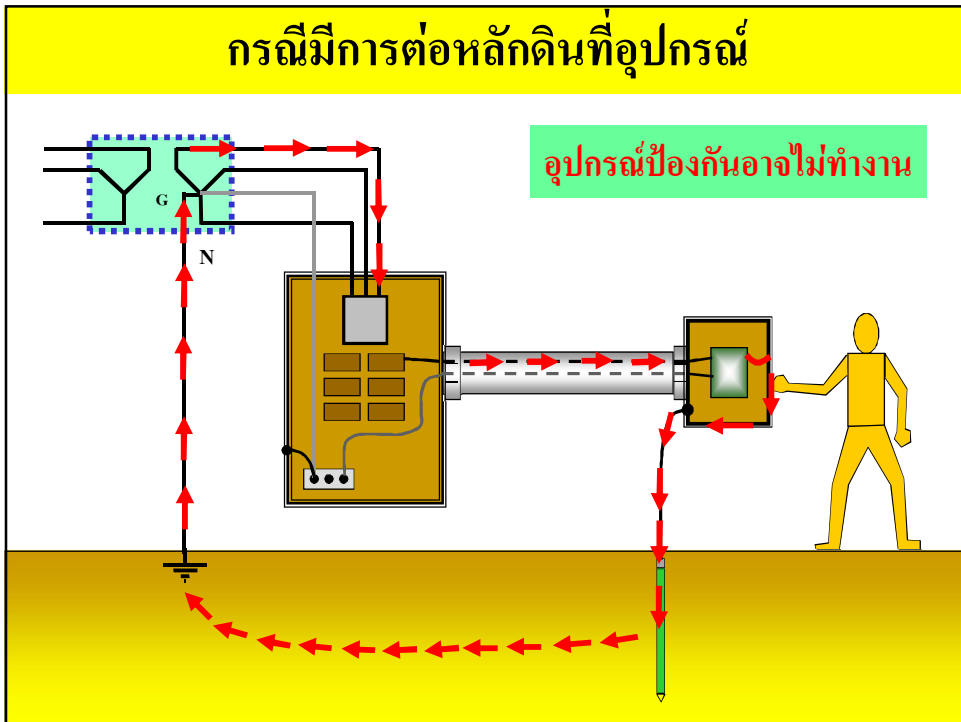
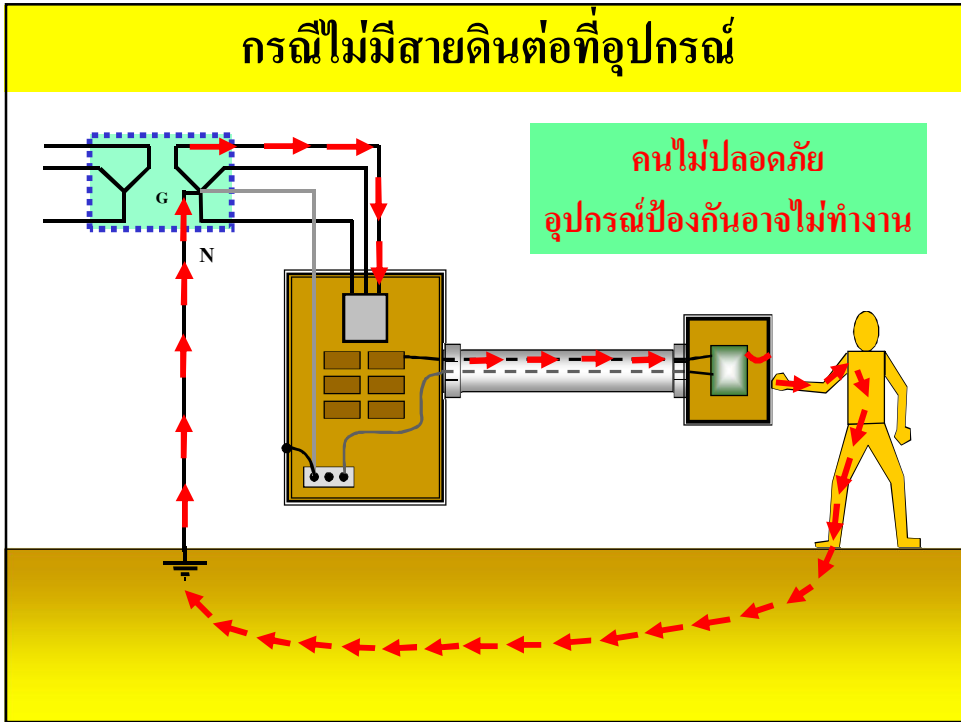
กรณีไม่มีสายดินต่อที่อุปกรณ์ ?

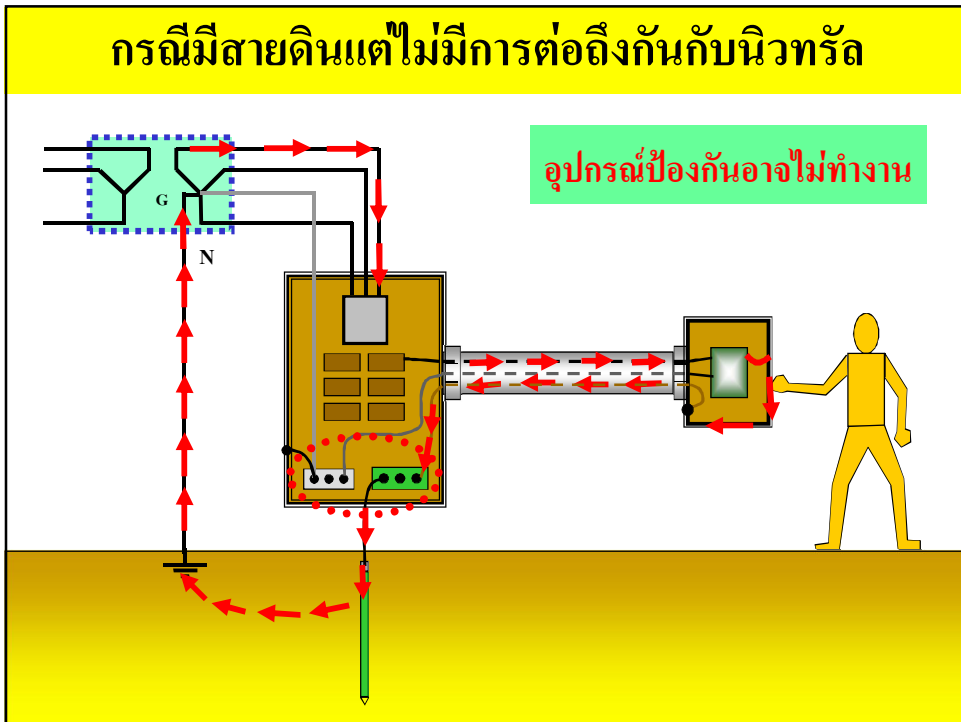
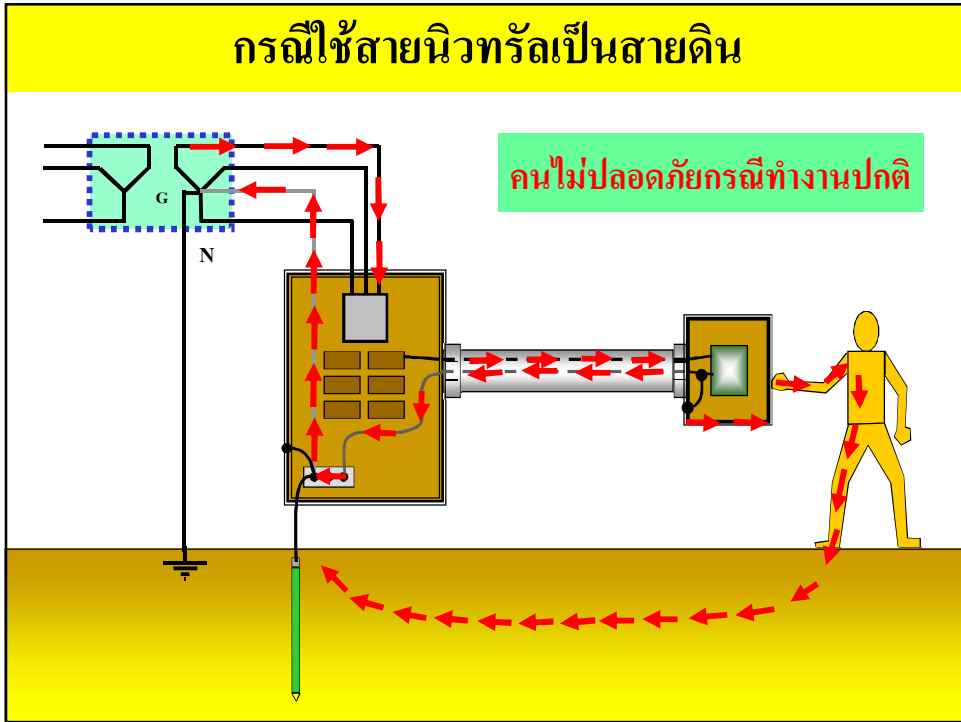
กรณีมีการต่อหลักดินที่อุปกรณ์ ?

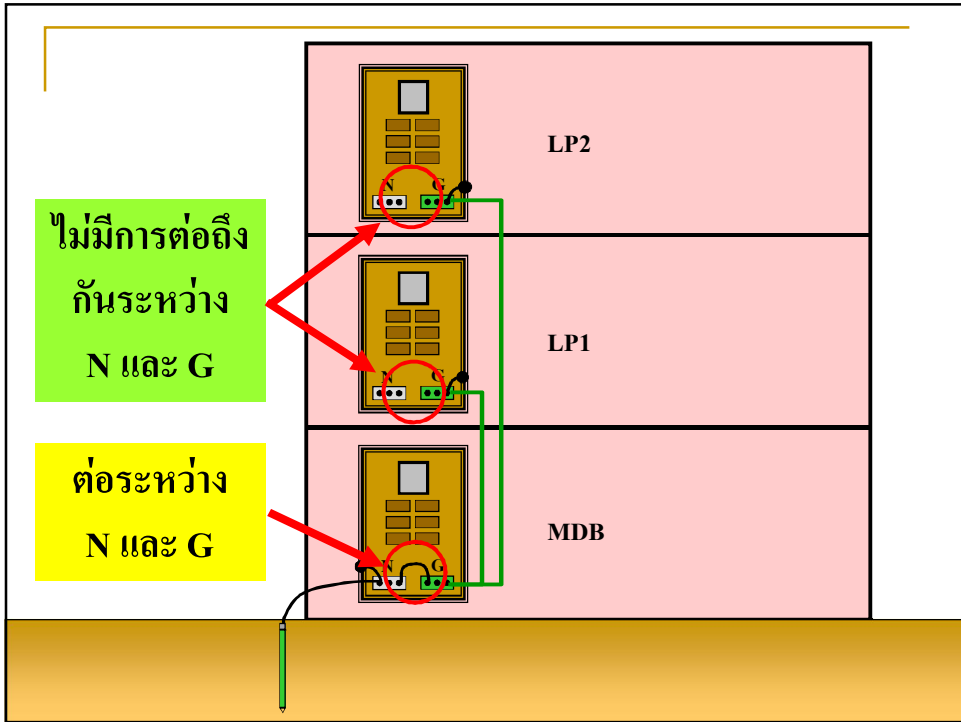
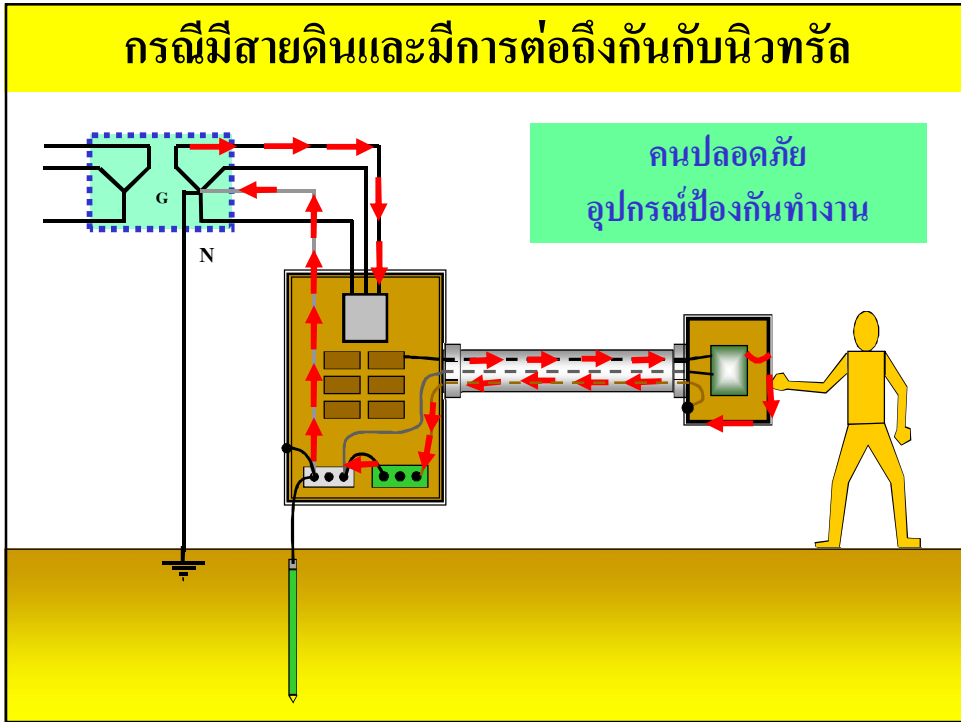
กรณีใช้สายนิวทรัลเป็นสายดิน?

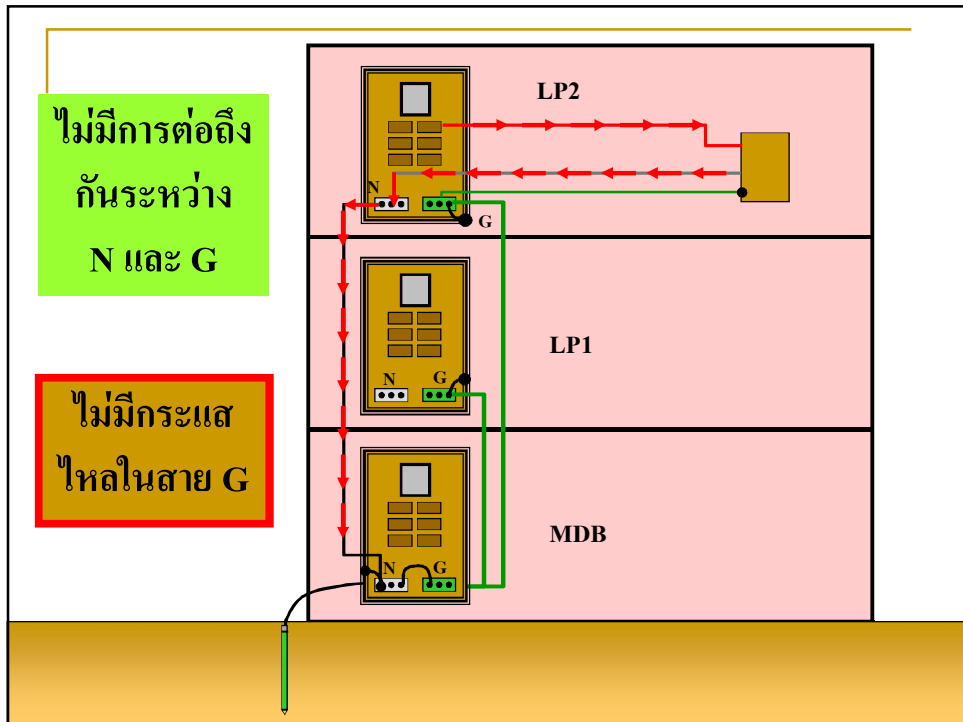
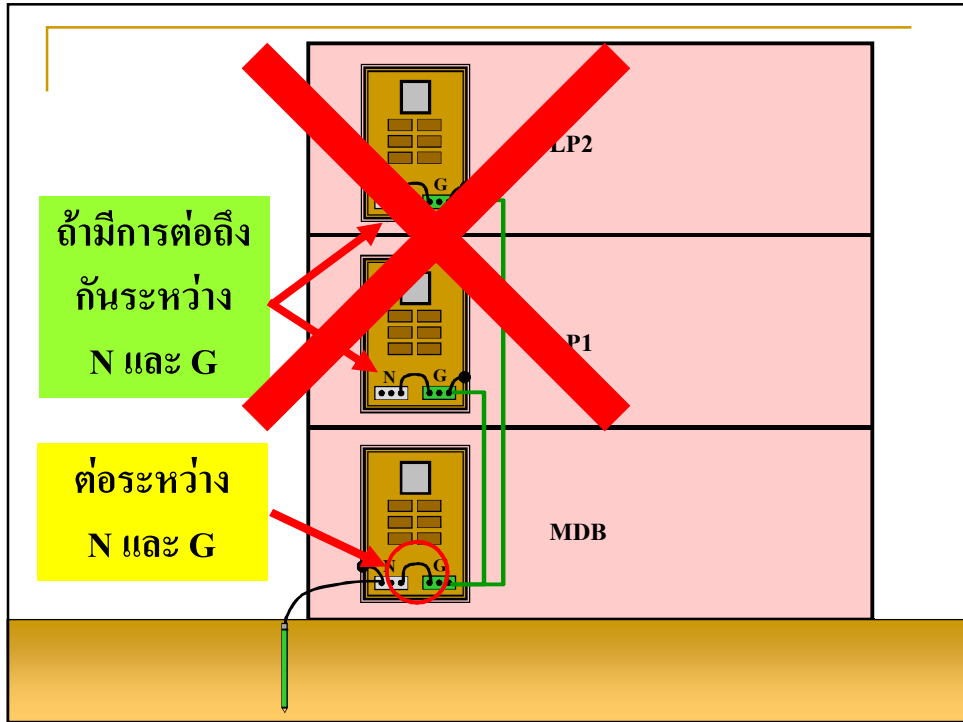
กรณีมีสายดินแต่ไม่มีการต่อถึงกันกับนิวทรัล ?

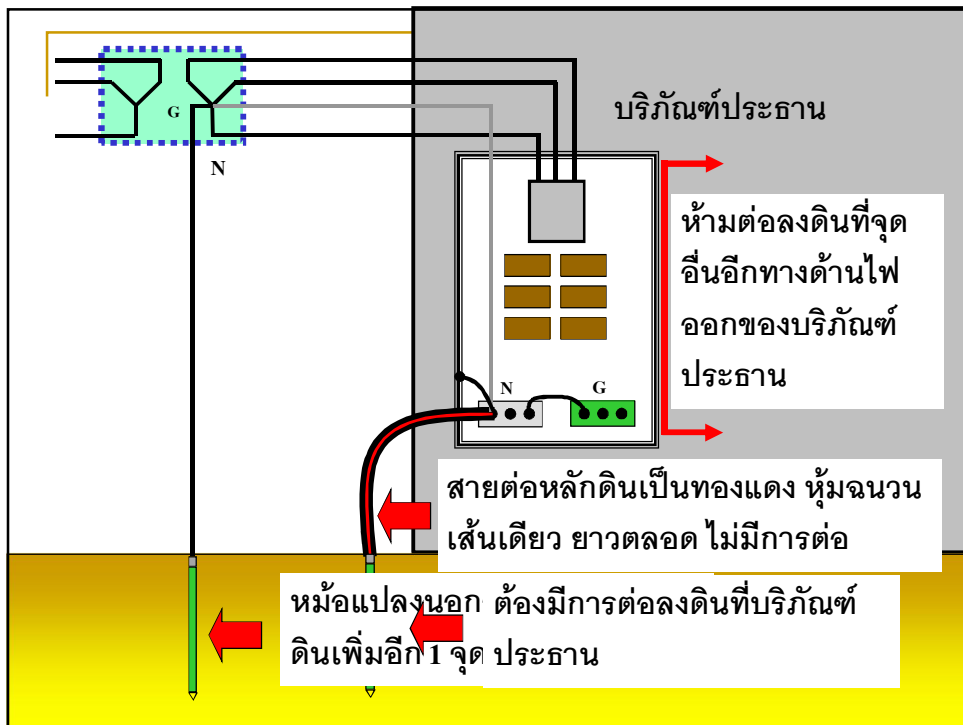
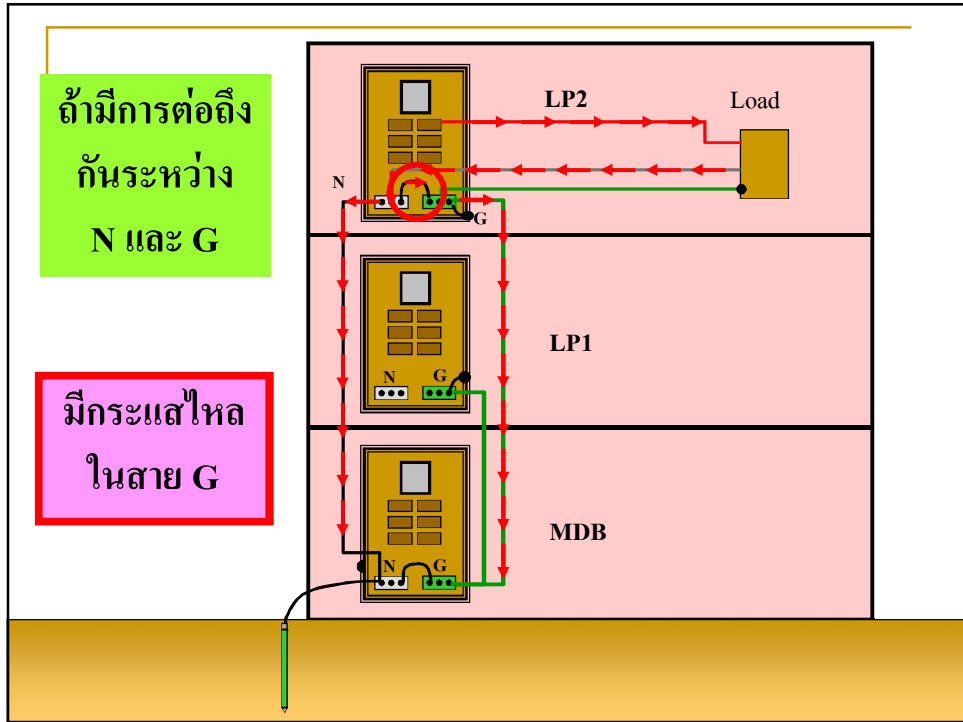
กรณีมีสายดินและมีการต่อถึงกันกับนิวทรัล ?











6.3 การต่อลงดินของระบบไฟฟ้า

(System Grounding)

จุดประสงค์ของการต่อลงดินของระบบไฟฟ้ามีดังต่อไปนี้ คือ

1. เพื่อจำกัดแรงดันเกิน (Over Voltage) ที่ส่วนต่างๆ ของระบบไฟฟ้า ซึ่งอาจเกิดจากฟ้าผ่า (Lightning) เสิร์จในสาย (Line Surges) หรือ สัมผัสกับสายแรงสูง (H.V. Lines) โดยบังเอิญ
2. เพื่อให้ค่าแรงดันเทียบกับดินขณะระบบทำงานปกติมีค่าอยู่ตัว
3. เพื่อช่วยให้อุปกรณ์ป้องกันกระแสเกินทำงานได้รวดเร็วขึ้น เมื่อเกิดการลัดวงจรลงดิน

การต่อลงดินของระบบไฟฟ้ากระแสสลับ

(AC System Grounding)

การต่อลงดินของระบบไฟฟ้ากระแสสลับแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มคือ

1. ระบบซึ่งทำงานที่ระดับแรงดันต่ำกว่า 50 V
2. ระบบซึ่งทำงานที่ระดับแรงดันตั้งแต่ 50 - 1000 V
3. ระบบซึ่งทำงานที่ระดับแรงดันตั้งแต่ 1 kV ขึ้นไป

การต่อลงดินของระบบไฟฟ้ากระแสสลับที่มีระดับแรงดัน

ต่ำกว่า 50 V (NEC)

- ไม่มีในมาตรฐาน ว.ส.ท.
- แต่มีใน มาตรฐาน NEC

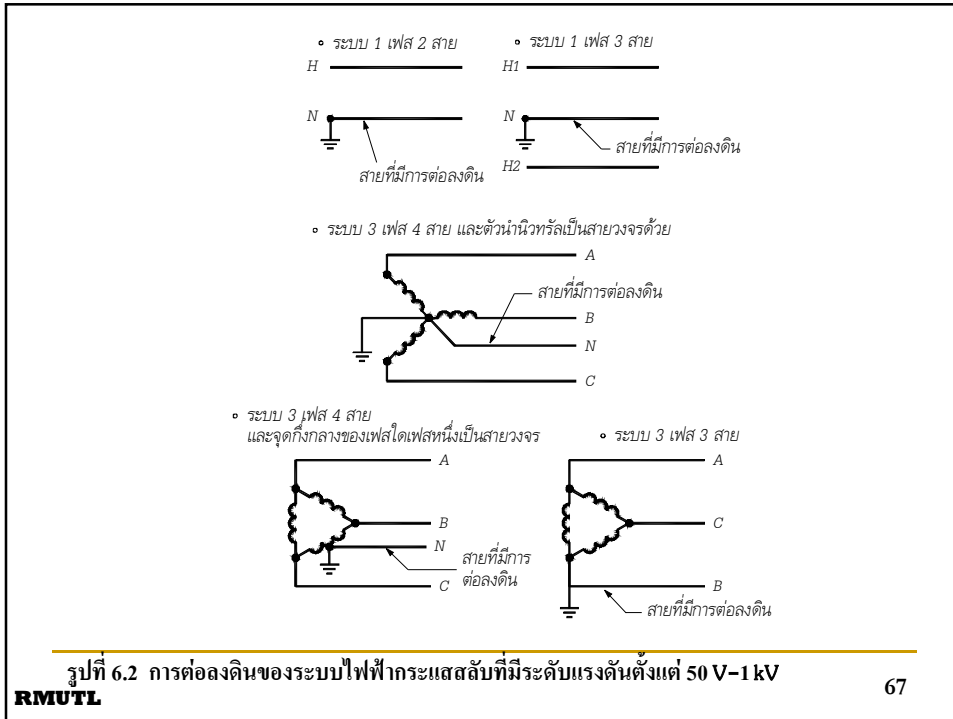
ระดับแรงดันต่ำกว่า 50 V จะต้องทำการต่อลงดินเมื่อ

- แรงดันที่ได้รับไฟจากหม้อแปลง ซึ่งมีแหล่งจ่ายไฟแรงดันเกิน 150 V
- หม้อแปลงได้รับจากไฟแหล่งจ่ายไฟ ที่ไม่มีการต่อลงดิน (Ungrounded System)
- ตัวนำแรงดันต่ำ ติดตั้งแบบสายเหนือดินนอกอาคาร

การต่อลงดินของระบบไฟฟ้ากระแสสลับที่มีระดับแรงดันตั้งแต่

50 -1000 V

การต่อลงดินของระบบไฟฟ้าแบบนี้ มีลักษณะดังรูป 6.2 ซึ่งเป็นตัวอย่าง การต่อลงดินของระบบไฟฟ้า ชนิด 1 เฟส 2 สาย , 1 เฟส 3 สาย , 3 เฟส 3 สาย และ 3 เฟส 4 สาย

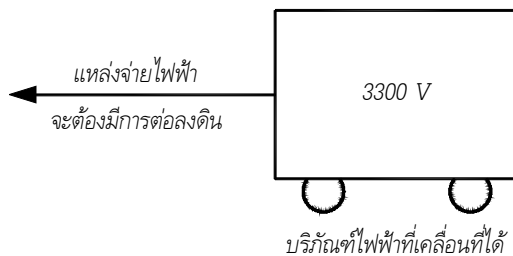


รูปที่ 6.2 การต่อลงดินของระบบไฟฟ้ากระแสสลับที่มีระดับแรงดันตั้งแต่ 50 V-1 kV

RMUTL

การต่อลงดินของระบบไฟฟ้ากระแสสลับที่มีระดับแรงดันตั้งแต่ 1 kV ขึ้นไป

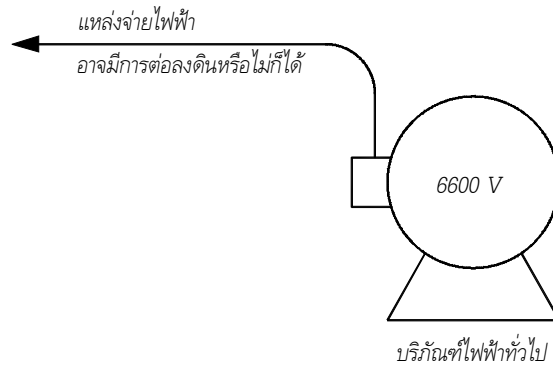
บริษัทไฟฟ้าที่เคลื่อนย้ายได้ (Mobile Portable Equipment) ซึ่งได้รับไฟฟ้าจากระบบไฟฟ้า ที่มีแรงดัน ตั้งแต่ 1 kV ขึ้นไป ต้องต่อลงดิน ดังแสดงในรูปที่ 6.3



รูปที่ 6.3 การต่อลงดินของบริษัทไฟฟ้าที่เคลื่อนย้ายได้ ซึ่งรับไฟฟ้าจากระบบไฟฟ้าแรงสูง

RMUTL

สำหรับระบบไฟฟ้าที่มีแรงดันตั้งแต่ 1 kV ขึ้นไป ซึ่งจ่ายไฟให้กับบริภัณฑ์
ทั่วไป อาจต่อลงดินได้ตามต้องการ ดังแสดงในรูปที่ 6.4

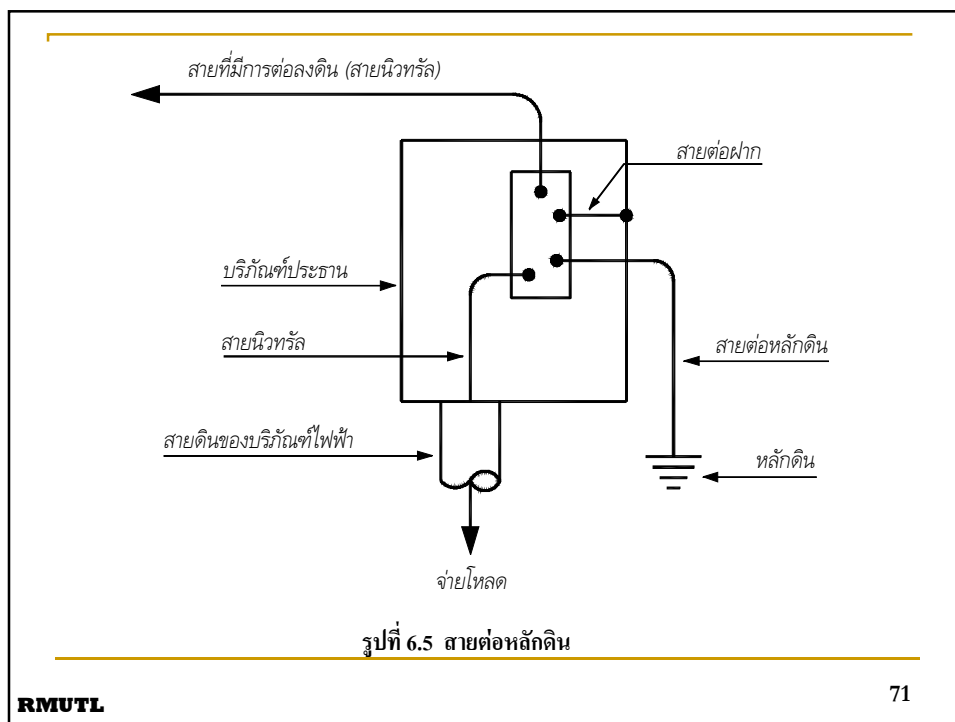


รูปที่ 6.4 การต่อลงดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้าทั่วไปซึ่งรับไฟฟ้าจากระบบไฟฟ้าแรงสูง

สายต่อหลักดิน (Grounding Electrode Conductor)

สายต่อหลักดิน หมายถึง ตัวนำที่ใช้ต่อระหว่างหลักดินกับส่วนทั้งสาม
ต่อไปนี้ คือ

1. สายที่มีการต่อลงดิน (Grounded Conductor)
2. สายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า (Equipment Grounding Conductor)
3. สายต่อฝากที่บริภัณฑ์ประธาน (Main Bonding Jumper)



ชนิดของสายต่อหลักดิน

มีคุณสมบัติดังนี้

- เป็นตัวนำทองแดง ตัวนำเดี่ยว หรือตีเกลียวหุ้มฉนวน
- ต้องมีฉนวนหุ้ม
- ต้องเป็นสายเส้นเดียวยาวต่อเนื่องตลอด ไม่มีการตัดต่อ แต่ถ้าเป็นบัสบาร์อนุญาตให้มีการต่อได้

การติดตั้งและป้องกัน (NEC)

มีการป้องกันทางกายภาพดังนี้

- ถ้าสายต่อหลักดินไม่ได้เดินในสิ่งห่อหุ้ม จะต้องเดินสายให้ยึดติดกับพื้นผิว
- ถ้าสายต่อหลักดินเดินในสิ่งห่อหุ้ม จะต้องยึดสิ่งห่อหุ้มนั้นติดกับพื้นผิว
- ท่อสายที่ใช้สำหรับป้องกันทางกายภาพได้แก่ ท่อ RMC , IMC , PVC , EMT หรือเกราะสายเคเบิล



RMUTL

73

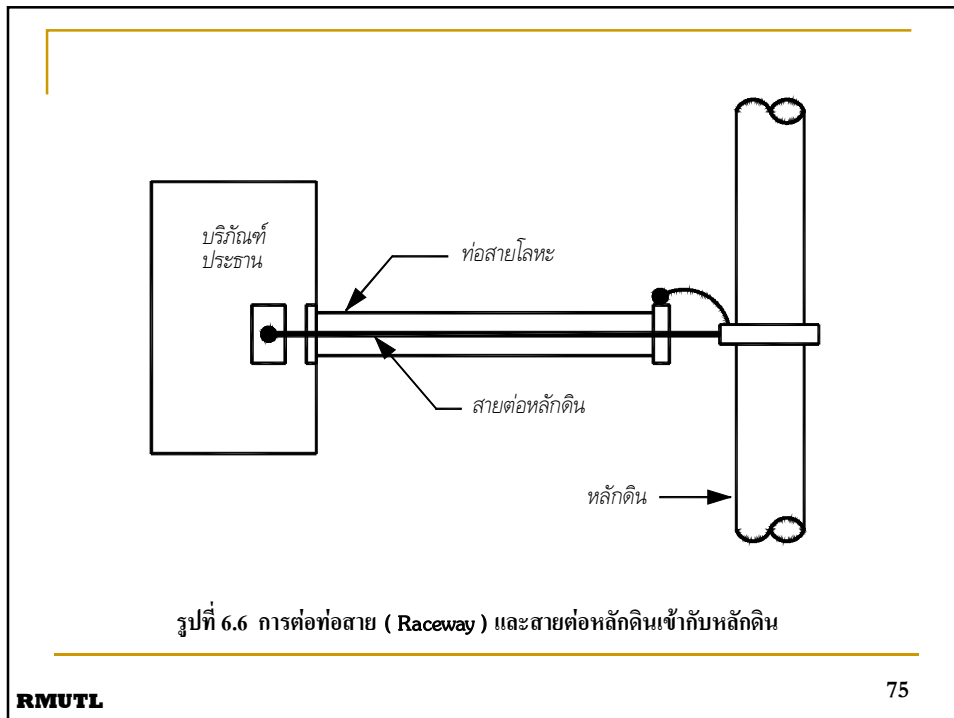
การป้องกันสายดินจากสนามแม่เหล็ก

เมื่อใช้สิ่งห่อหุ้มสายต่อหลักดินแล้ว เพื่อป้องกันสายดินจากสนามแม่เหล็กต้องคำนึงถึง

- ต้องมีความต่อเนื่องทางไฟฟ้าจากบริษัทที่ไฟฟ้าไปยัง หลักดิน
- สิ่งห่อหุ้มต้องยึดติดกับระบบหลักดิน ดังแสดงในรูปที่ 6.6
- ถ้าสายต่อหลักดินไม่ได้มีสิ่งห่อหุ้มตลอดความยาว ปลายทั้งสองของสิ่งห่อหุ้มจะต้องต่อเชื่อมเข้ากับสายต่อ หลักดิน ทั้งนี้เพื่อป้องกันการเกิดความร้อนมากเกินไปขณะเกิด การลัดวงจรลงดิน

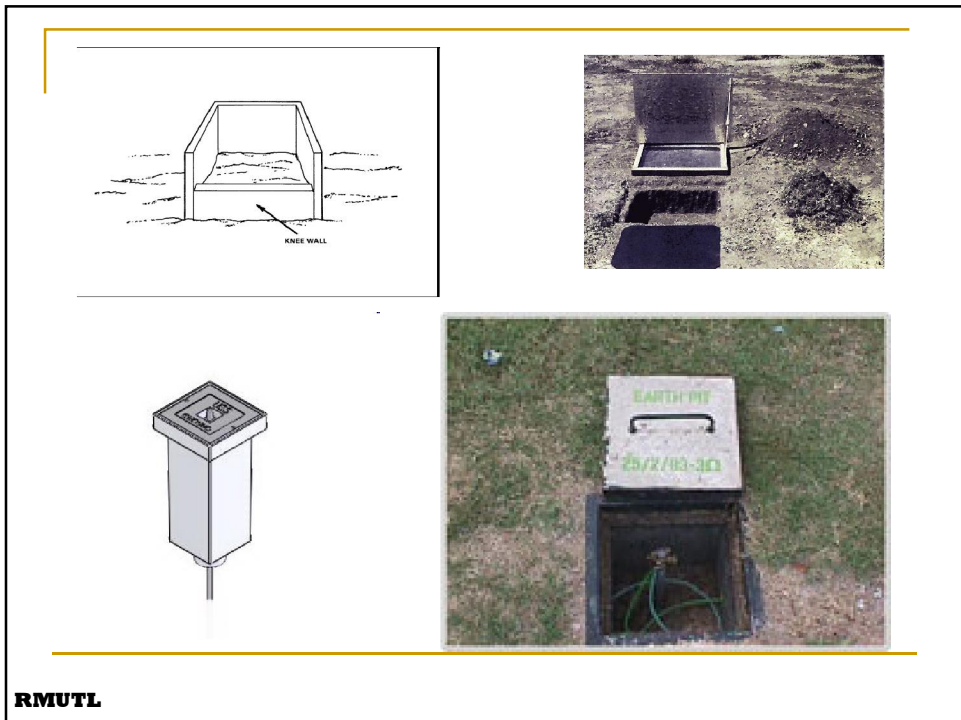
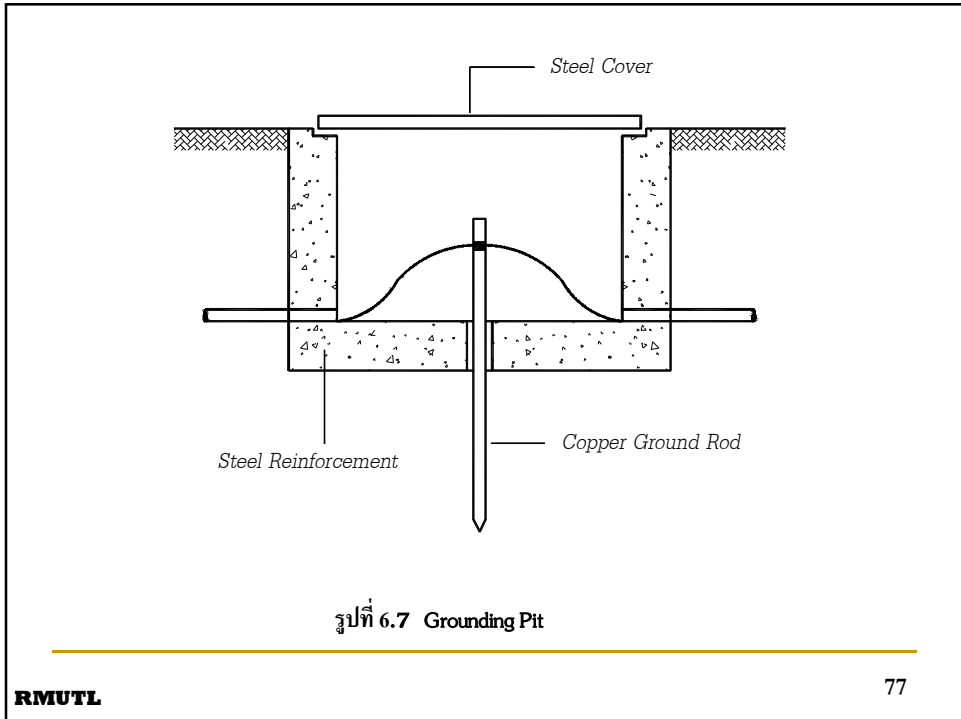
RMUTL

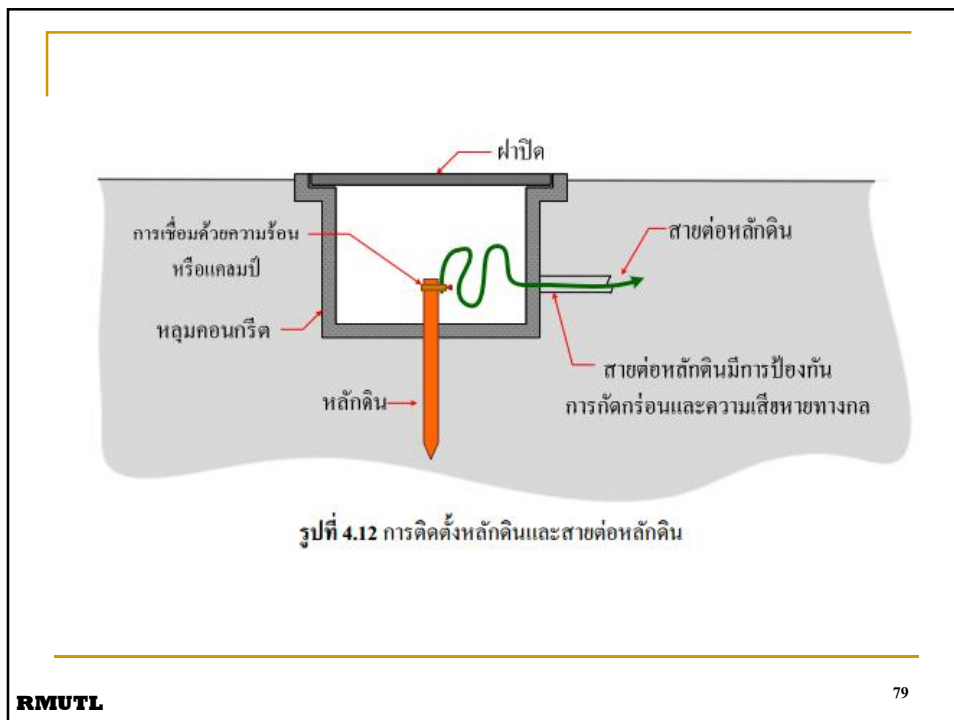
74



การต่อสายต่อหลักดินเข้ากับหลักดิน

สายต่อหลักดินจะต้องไม่มีการตัดต่อใดๆ ทั้งสิ้น โดยทั่วไปการต่อสายต่อหลักดินเข้ากับหลักดินนั้น จะต้องเป็น การต่อที่เข้าถึงได้ และเป็นการต่อลงดินที่ใช้ได้ผลดี แต่ถ้าระบบ หลักดินเป็นแบบฝังใต้ดิน การต่อก็ไม่จำเป็นต้องเป็นแบบเข้าถึง ได้เช่น ระบบหลักดินที่ตอกลึกเข้าไปในดิน และระบบหลักดิน ที่ฝังตัวอยู่ในคอนกรีต เป็นต้น เพื่อการวัดความต้านทานดิน และบำรุงรักษา ควรต่อหลักดินเข้ากับ Grounding Pit





การต่อสายต่อหลักดินเข้ากับหลักดินอาจทำได้โดย

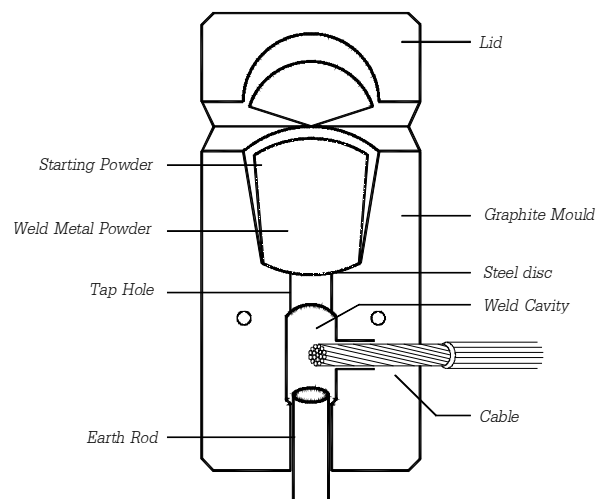
- การเชื่อมติดด้วยความร้อน (Exothermic Welding)
- หุสาย , หัวต่อแบบบีบอัด
- ประกับต่อสาย
- สิ่งอื่นที่ระบุให้ใช้เพื่อการนี้
- ห้ามต่อโดยใช้การบัดกรีเป็นหลัก

การต่อสายต่อหลักดินเข้ากับหลักดิน วิธีที่ดีที่สุด คือ วิธี Exothermic Welding

คำถาม

การตอกหลักดิน ควรตอกให้ลึกเท่าใด

- ควรตอกให้ลึกที่สุดเท่าที่จะลึกได้ ซึ่งหลักดินมาตรฐาน 2.40 เมตร ก็ควรตอกให้ลึก 2.40 เมตร
- ถ้าใช้หัวต่อหลักดินชนิดยึดด้วยแรงกล ควรให้หัวต่อโผล่พ้นดินจากระดับที่น้ำจะท่วมถึง เพื่อหลีกเลี่ยงการผุกร่อนบริเวณหัวต่อ และควรให้สามารถตรวจสอบหัวต่อได้ง่ายด้วย (เป็นบ่อมีฝาปิด)
- ถ้าใช้หัวต่อชนิดเชื่อมเป็นเนื้อเดียวกันสามารถตอกให้หัวต่อจมดินได้แต่ต้องใช้สายต่อหลักดินเส้นใหญ่ที่หุ้มฉนวนมิดชิดเพื่อไม่ให้สายผุกร่อนได้ง่าย

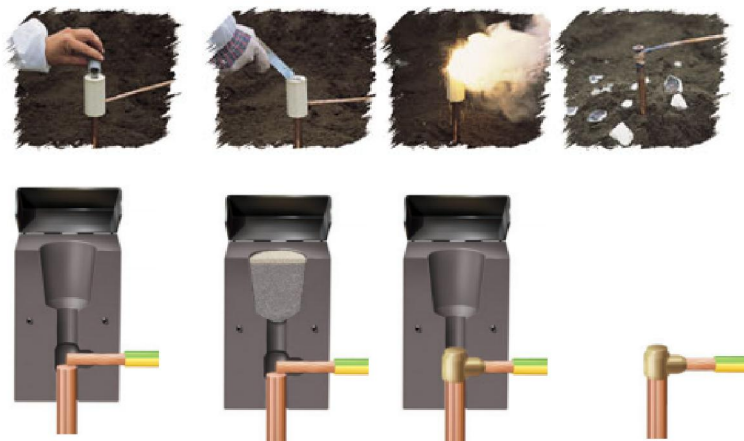


รูปที่ 6.8 Exothermic Welding



RMUTL

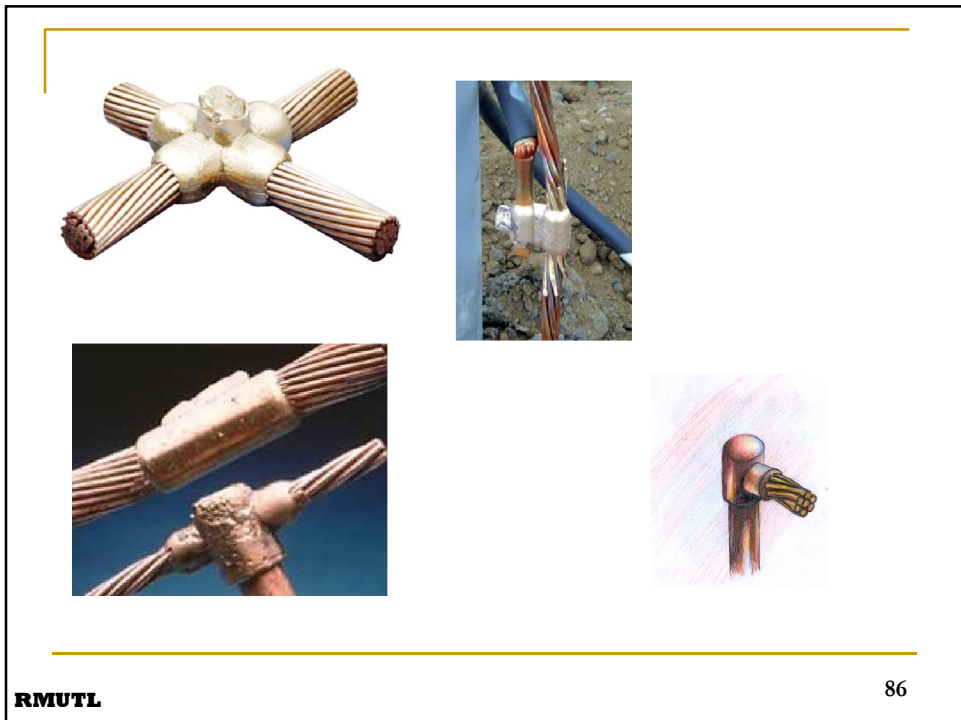
83





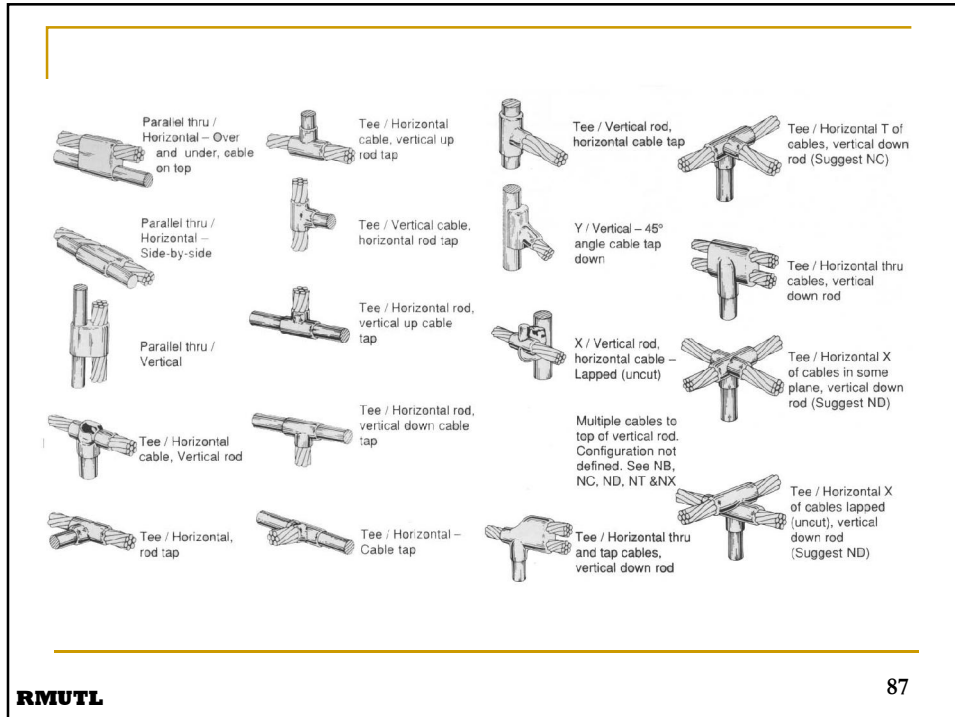
RMUTL

85



RMUTL

86



ชนิดของสายต่อหลักดิน

สายต่อหลักดินต้องมีคุณสมบัติดังนี้

- เป็นตัวนำทองแดงเดี่ยวหรือตีเกลียว
- ต้องหุ้มฉนวน
- ต้องเป็นสายเดี่ยวยาวตลอด ไม่มีการตัดต่อ แต่ถ้าเป็นบัสบาร์อนุญาตให้มีการต่อได้

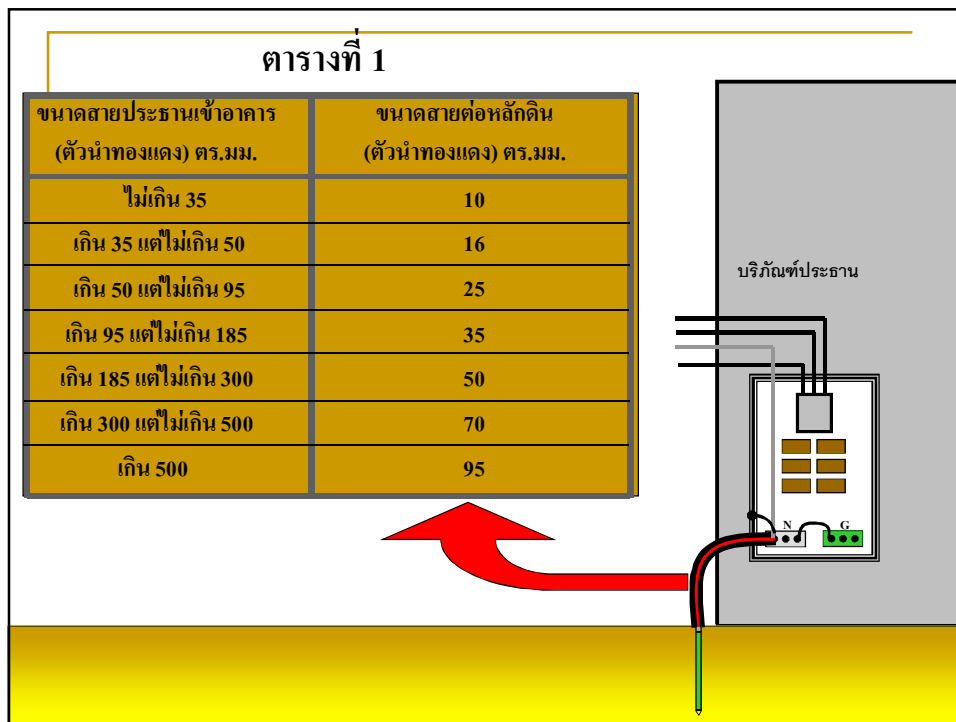
ขนาดสายต่อหลักดินของระบบไฟฟ้ากระแสสลับ

การเลือกขนาดสายต่อหลักดินสำหรับระบบไฟฟ้า กระแสสลับ จะใช้ตาม ตารางที่ 6.1 เป็นเกณฑ์ โดยเลือกตาม ขนาดสายประธานของระบบ สายประธานของแต่ละเฟสที่ต่อขนานกันให้คิดขนาดรวมกัน แล้วนำมาหาขนาดสายต่อหลักดิน

ตารางที่ 1 ขนาดต่ำสุดของสายต่อหลักดินของระบบไฟฟ้ากระแสสลับ

ขนาดตัวนำประธาน (ตัวนำทองแดง) (mm^2)	ขนาดต่ำสุดของสายต่อหลักดิน (ตัวนำทองแดง) (mm^2)
ไม่เกิน 35	10 (หมายเหตุ)
เกิน 35 แต่ไม่เกิน 50	16
" 50 " 95	25
" 95 " 185	35
" 185 " 300	50
" 300 " 500	70
เกิน 500	95

หมายเหตุ แนะนำให้ติดตั้งในท่อโลหะหนา ท่อโลหะหนาปานกลาง
ท่อโลหะบาง หรือ ท่อโลหะ



ตัวอย่างที่ 1 บ้านหลังหนึ่งใช้ไฟฟ้ามิเตอร์ 15 (45) A 1 เฟส 2 สาย ใช้สายไฟ
ขนาด $2 \times 16 \text{ mm}^2$ ตาราง 4

สายต่อหลักดินจะใช้ขนาดเท่าใด

วิธีทำ

จากตารางที่ 6.1

สายเมนขนาด 16 mm^2

ใช้สายต่อหลักดินขนาด 10 mm^2

ตัวอย่างที่ 2 สถานประกอบการแห่งหนึ่ง ใช้ไฟฟ้ามิเตอร์ 400 A 3 เฟส 4 สาย ใช้สายไฟตารางที่ 4 ขนาด 2 (4 x 150 mm²) ในท่อขนาดกลาง (IMC) 2 x 80 mm (3") สายต่อหลักดินจะใช้ขนาดเท่าใด

วิธีทำ

สายเฟสใช้ขนาด 2 x 150 = 300 mm²

จากตารางที่ 6.1 สายประธานขนาด 300-500 mm²

ใช้สายต่อหลักดินขนาด 50 mm²

ตัวอย่างที่ 3 สถานประกอบการใช้หม้อแปลงขนาด 1000 kVA

22 kV/400-230 V 3 เฟส 4 สาย ทางด้านแรงดันต่ำ จะต้องใช้สายต่อหลักดินขนาดเท่าใด

วิธีทำ

หม้อแปลง 1000 kVA

แรงดันด้านแรงต่ำ 400/230V

$$\text{กระแสฟัด} = \frac{1000 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 400} = 1443 \text{ A}$$

$$I_c \geq 1.25 \times 1443 = 1804 \text{ A}$$

ใช้สายตามตาราง 4 เติมนบรางเคเบิล

$$6 (3 \times 240, 1 \times 120 \text{ mm}^2)$$

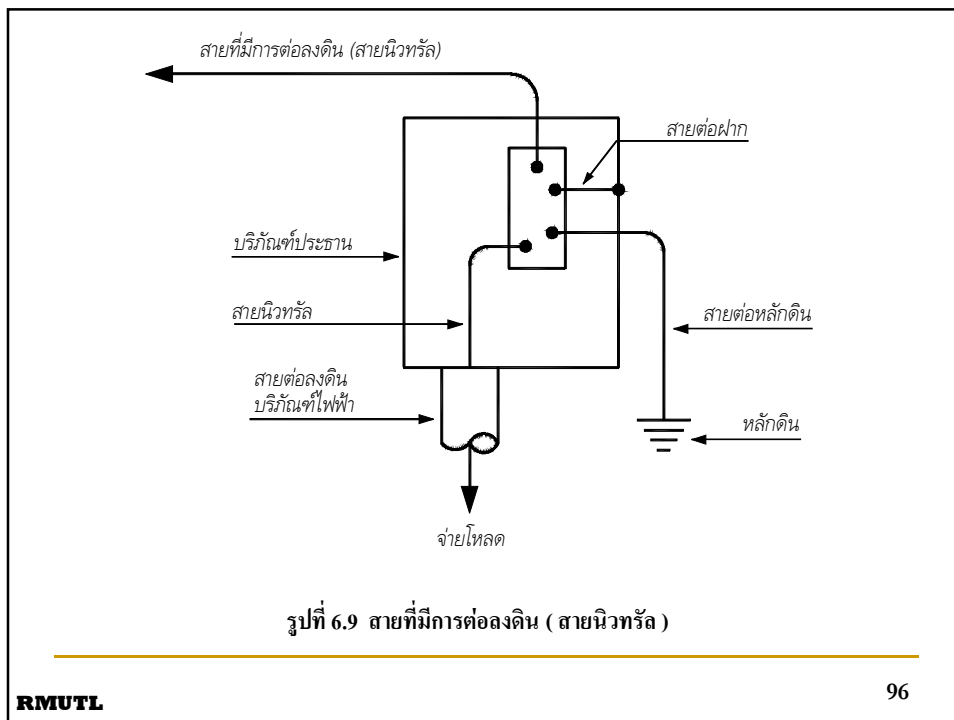
ขนาดสายเฟสรวม 6 x 240 = 1440 mm²

จากตาราง 6.1 ขนาดสายประธานเกิน 500 mm²

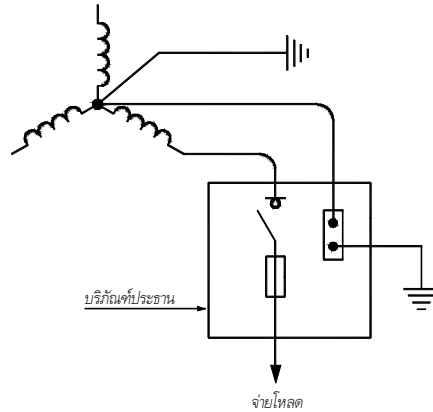
ใช้สายต่อหลักดินขนาด 95 mm²

สายที่มีการต่อลงดิน (*Grounded Conductor*)

คือ สายของวงจรไฟฟ้าที่มีส่วนหนึ่งส่วนใดต่อถึงดินอย่าง จงใจ ในกรณีที่ เกิดกระแสลัดวงจรลงดินสายที่มีการต่อลงดิน จะทำหน้าที่เป็นสายดินของ อุปกรณ์ด้วย เพื่อนำกระแสลัด วงจรกลับไปยังแหล่งจ่ายไฟ ในระบบไฟฟ้า โดยทั่วไป สายที่มี การต่อลงดินคือ สายนิวทรัล แต่ไม่จำเป็นต้องเป็นสายนิวทรัล เสมอไป ดังแสดงในรูปที่ 6.9



สำหรับระบบไฟฟ้ากระแสสลับที่มีแรงดันกว่า 1 kV และ เป็นระบบที่มีการต่อลงดิน จะต้องเดินสายที่มีการต่อลงดินจากหม้อแปลงมายังบริษัท ประชานเสมอ ดังแสดงในรูปที่ 6.10



รูปที่ 6.10 หม้อแปลงที่มีการต่อลงดินต้องเดินสายที่มีการต่อลงดินมายังบริษัท ประชานด้วย

RMUTL

97

ขนาดสายที่มีการต่อลงดิน

สายที่มีการต่อลงดินที่เดินจากหม้อแปลงจ่ายมายังบริษัท ประชานต้องมีขนาดดังนี้

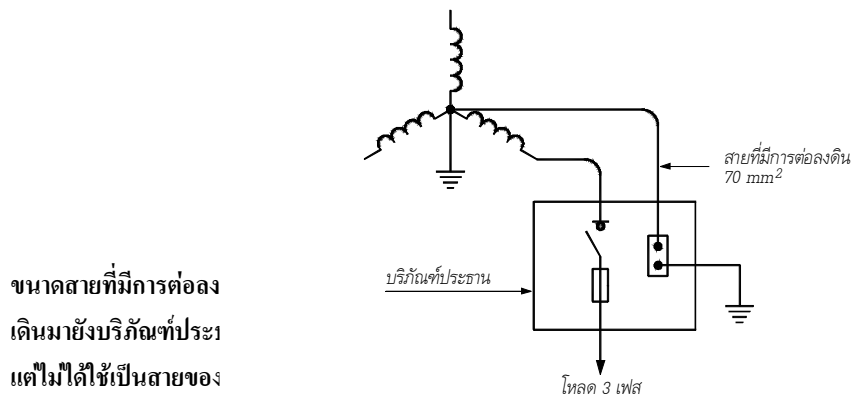
1. ถ้าสายที่มีการต่อลงดินใช้เป็นสายดินอย่างเดียวไม่ได้ใช้เป็นสายของวงจร (สายนิวทรัล) ให้คิดขนาดสายตามตารางที่ 6.1 และ ถ้าขนาดสายประชานของแต่ละเฟสรวมกันมากกว่า 500 mm^2 สายที่มีการต่อลงดินให้ใช้ 12.5% ของสายประชาน
2. ถ้าสายที่มีการต่อลงดินนี้ใช้เป็นสายของวงจร (สายนิวทรัล) ให้คิดขนาดสายตามวิธีการเลือกสายนิวทรัล

RMUTL

98

ตัวอย่างที่ 4 จงหาขนาดสายที่มีการต่อลงดิน ที่ไม่ได้ใช้เป็นสายวงจรในระบบไฟฟ้า 3 เฟส โดยแต่ละเฟสใช้สาย 500 mm² 1 เส้น

วิธีทำ จากตารางที่ 6.1 กรณีขนาดสาย 300-500 mm² ใช้สาย 70 mm² ดังรูป



RMUTL

99

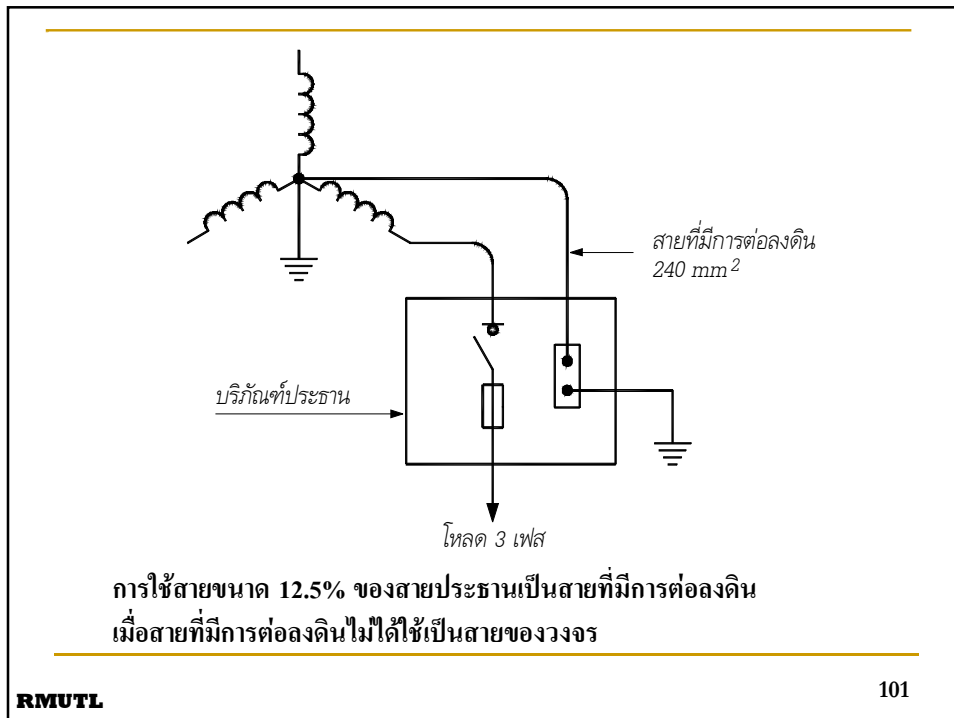
ตัวอย่างที่ 5 จงหาขนาดสายที่มีการต่อลงดิน ที่ไม่ได้ใช้เป็นสาย
วงจรในระบบ 3 เฟส โดยแต่ละเฟสใช้สาย 500 mm² 3 เส้น

วิธีทำ

เนื่องจากแต่ละเฟส ใช้สาย	500 mm ² 3 เส้น
∴ ขนาดสายรวม	= 3 x 500 = 1500 mm ²
∴ ขนาดสายมีขนาดใหญ่กว่า 500 mm ²	
∴ ขนาดสายที่มีการต่อลงดิน	= 0.125 x 1500
	= 187.5
ใช้สายขนาด	240 mm ²
∴	

RMUTL

100



การหาขนาดสายที่มีการต่อลงดินที่ใช้เป็นสายวงจร

ในระบบไฟฟ้า 3 เฟส 4 สาย

- คือ สายนิวทรัลนั่นเอง
- โดยต้องทำตามข้อกำหนดสายนิวทรัล

สำหรับสายนิวทรัลของหม้อแปลง

- โดยทั่วไปใช้ขนาดประมาณ 50% ของสายเฟส
- จากตัวอย่างที่ 6.3 หม้อแปลง 1000 kVA LV 400/230 V 3 เฟส 4 สาย ใช้สาย 6 (3 x 240 , 1 x 120 mm²)

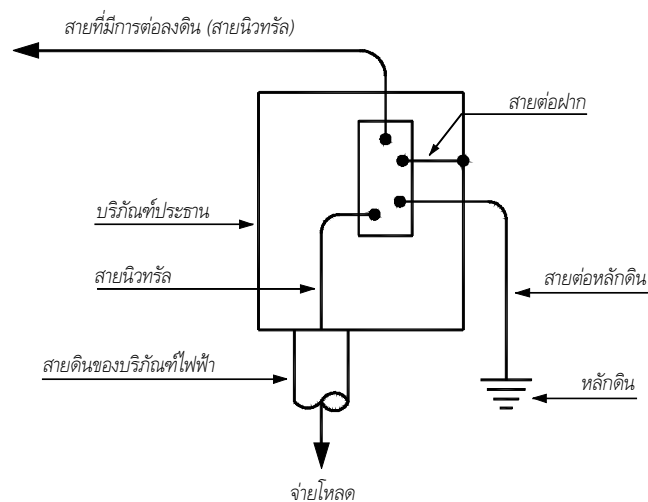
∴ สายที่มีการต่อลงดินคือสายนิวทรัลขนาด 6 (1 x 120 mm²)

4 การต่อลงดินของบริภัณฑ์ประชาชน

(Service Equipment Grounding)

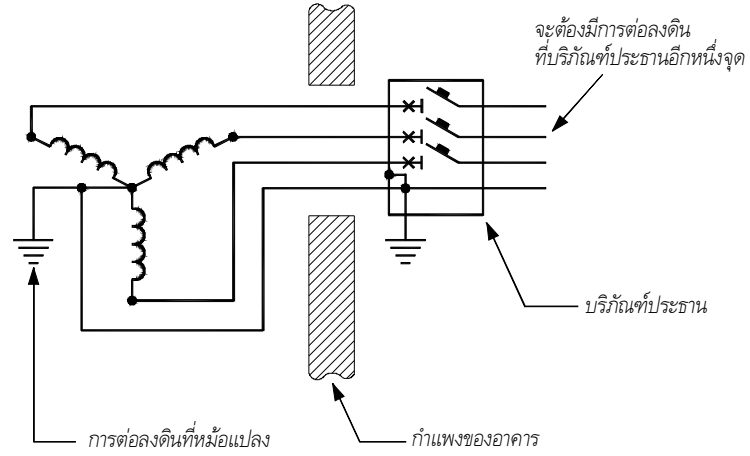
- หมายถึง การต่อสิ่งหล่อหุ้มโลหะต่างๆ และ สายนิวทรัลที่
บริภัณฑ์ประชาชนลงดิน
- บริภัณฑ์ประชาชนจะเป็นจุดต่อรวมของสายดินดังต่อไปนี้
 1. สายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า (Equipment Grounding
Conductors)
 2. สายที่มีการต่อลงดิน (Grounded Conductors)
 3. สายต่อฝากหลัก (Main Bonding Jumper)
 4. สายต่อหลักดิน (Grounding Electrode Conductors)

การต่อลงดินของบริภัณฑ์ประชาชน จะต้องกระทำทางด้านไฟเข้าเสมอ
(Supply Side) ดังแสดงในรูปที่ 6.11



รูปที่ 6.11 แสดงสายต่างๆ ที่บริภัณฑ์ประชาชน

สถานประกอบการที่รับไฟฟ้าผ่านหม้อแปลงที่ติดตั้งนอกรอาคาร จะต้องมีการ
ต่อลงดิน 2 จุด คือ ที่ใกล้หม้อแปลงหนึ่งจุด และที่บริเวณที่ประธานอีกหนึ่งจุด



รูปที่ 6.12 การต่อลงดินที่หม้อแปลงนอกรอาคารและที่บริเวณที่ประธาน

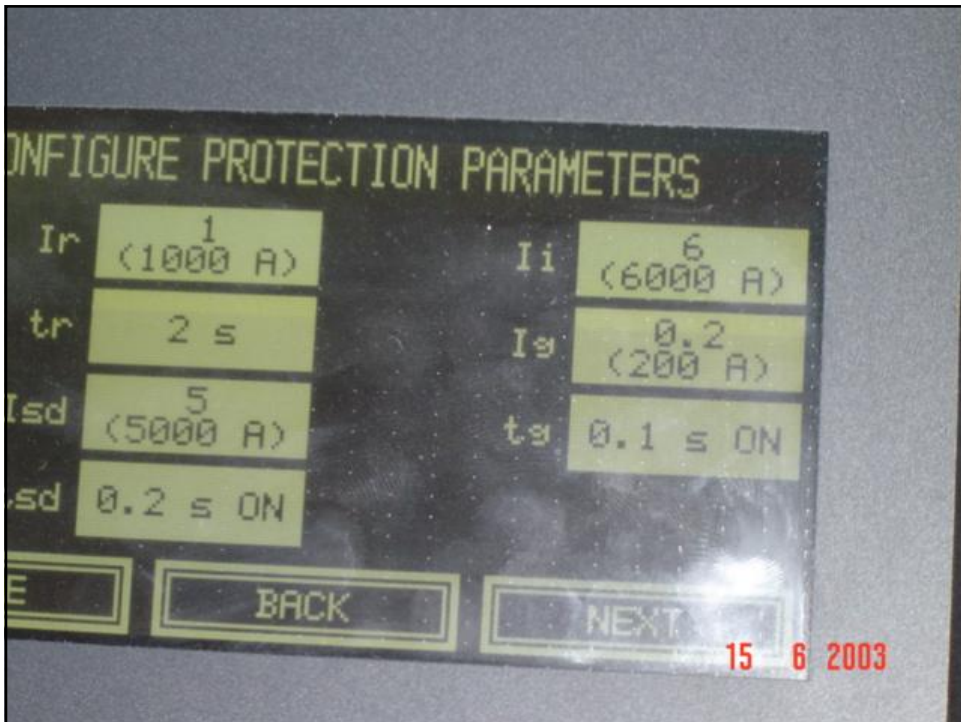
RMUTL

105



RM

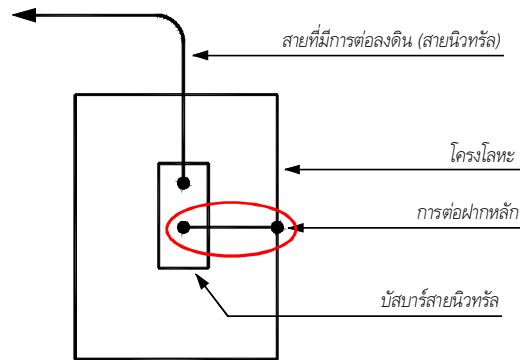




การต่อฝากหลัก (Main Bonding Jumper)

การต่อฝากหลัก (Main Bonding Jumper) ซึ่งหมายถึง

- การต่อโครงโลหะของบริภัณฑ์ประธานกับตัวนำที่มีการ ต่อลงดิน



รูปที่ 6.13 ความหมายของการต่อฝากหลัก

RMUTL

111

สายต่อฝากหลัก

- สายต่อฝากจะต้องเป็นตัวนำทองแดง

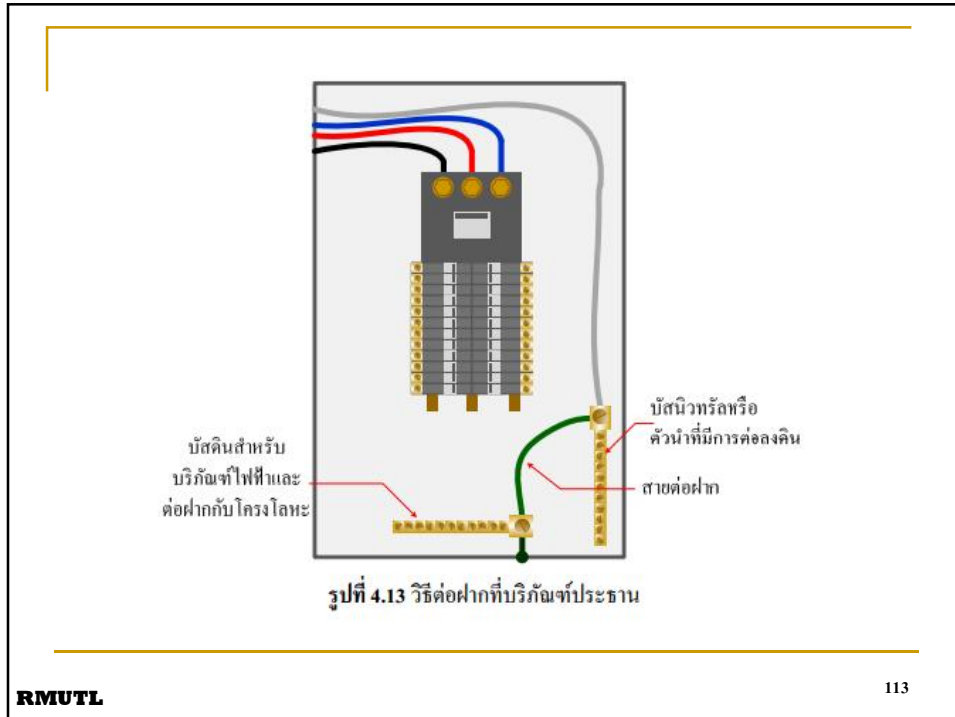
การต่อสายฝากหลัก

การต่อสายฝากหลักอาจทำได้โดย

- การเชื่อมด้วยความร้อน (Exothermic Welding)
- หัวต่อแบบบีบ
- ประกับจับสาย
- วิธีอื่นที่ได้รับการรับรองแล้ว
- ห้ามต่อโดยการใช้ตะกั่วบัดกรีเพียงอย่างเดียว

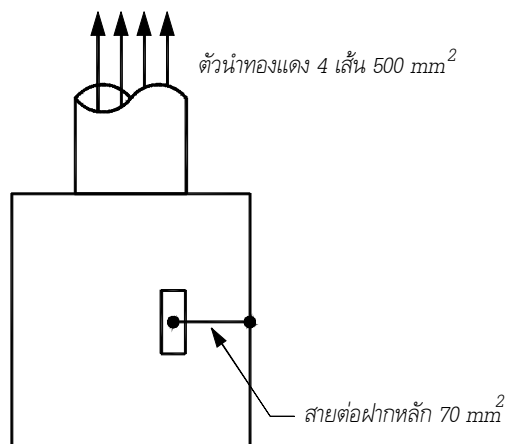
RMUTL

112



ตัวอย่างที่ 6 จงหาขนาดสายต่อฝากหลัก ในระบบไฟฟ้า 3 เฟส โดยแต่ละ เฟสใช้สายตัวนำทองแดง
ขนาด 500 mm^2 1 เส้น

วิธีทำ จากตารางที่ 6.1 กรณี $300\text{--}500 \text{ mm}^2$ ใช้สายต่อฝากหลัก **ขนาด 70 mm^2**



ตัวอย่างที่ 7 จงหาขนาดสายต่อฝากหลัก ในระบบไฟฟ้า 3 เฟส โดยแต่ละเฟสใช้สายตัวนำทองแดงขนาด 400 mm^2 จำนวน 2 เส้น

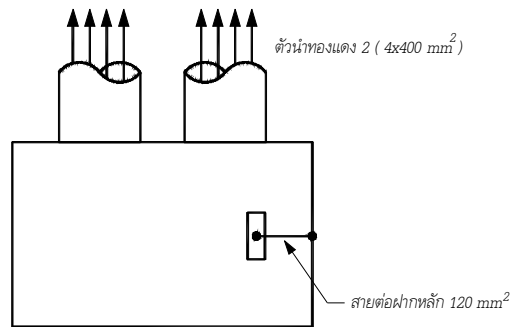
วิธีทำ

$$\text{ขนาดสายเฟสรวม} = 2 \times 400 = 800 \text{ mm}^2$$

เนื่องจากขนาดสายเฟสรวมมีขนาดใหญ่กว่า 500 mm^2

$$\text{ขนาดสายต่อฝากหลัก} = 0.125 \times 800 = 100 \text{ mm}^2$$

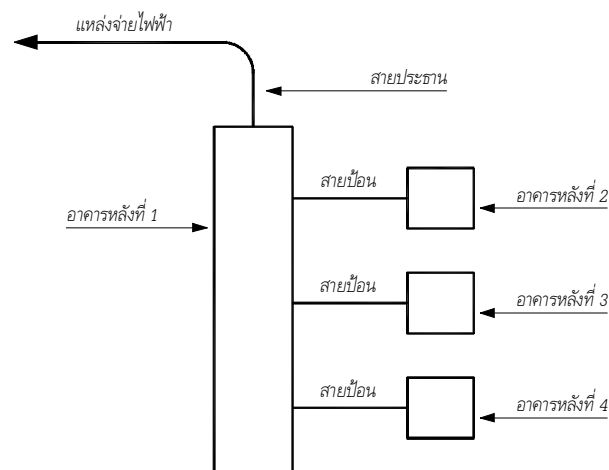
∴ ใช้สายต่อฝากหลัก 120 mm^2



RMUTL

115

การต่อลงดินของวงจรที่มีบริเวณที่ประชาชนชุกชุมเดียวจ่ายไฟให้อาคาร 2 หลังหรือมากกว่า



รูปที่ 6.14 การจ่ายไฟฟ้าของอาคารประชาชนให้กับอาคารหลังอื่นๆ

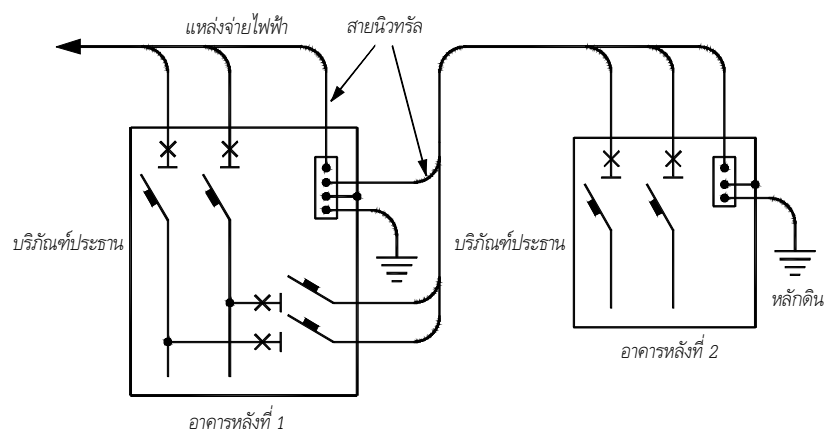
RMUTL

116

การต่อลงดินของสถานประกอบการแบบนี้ มีข้อกำหนดดังนี้

คือ

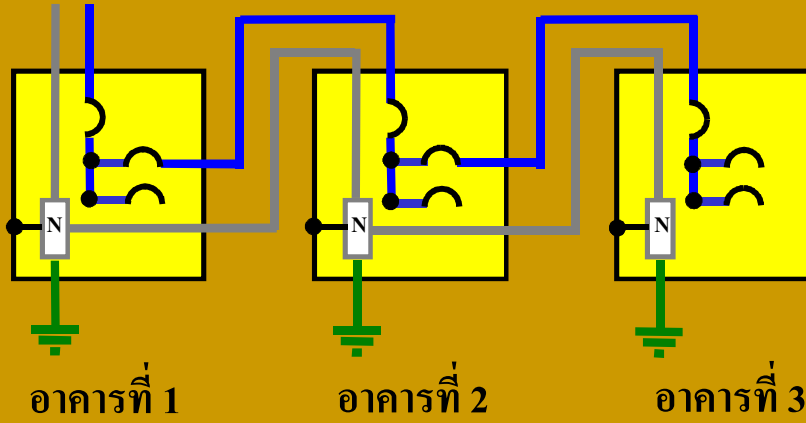
- อาคารประธาน (อาคารหลังที่ 1) การต่อลงดินให้เป็นไปตามข้อกำหนดของการต่อลงดินที่บริษัทประธาน
- อาคารหลังอื่น จะต้องมียุทธดินเป็นของตนเอง และมีการต่อลงดินเช่นเดียวกับบริษัทประธาน คือ สายที่มีการต่อลงดิน สายต่อฝาก สายต่อหลักดิน และ โครงโลหะของบริษัทประธาน จะต้องต่อร่วมกัน และต่อเข้ากับหลักดิน



รูปที่ 6.15 อาคารแต่ละหลังต้องมีหลักดินเป็นของตัวเอง

วงจรบริภัณฑ์ประธานชุดเดียวจ่ายให้อาคาร 2 หลังหรือมากกว่า

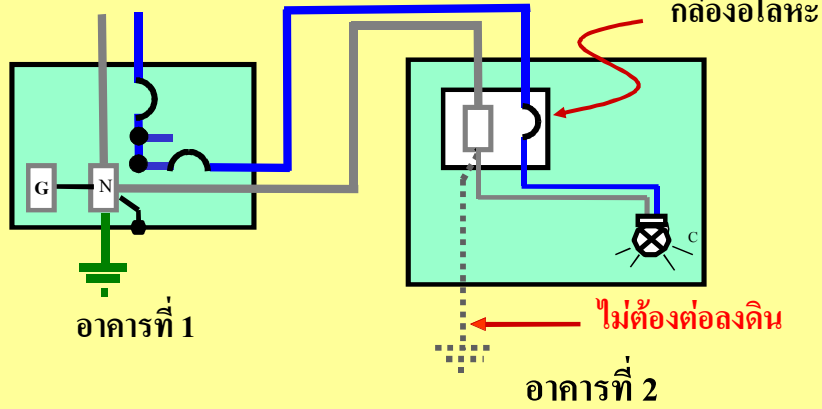
ตัวนำประธาน



RMUTL

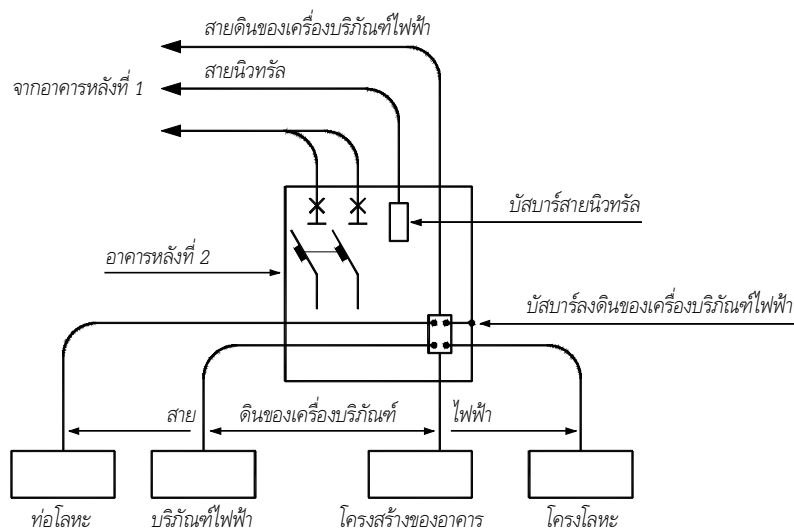
อาคารหลังอื่นมีวงจรย่อยเพียงวงจรเดียว อนุญาตให้ไม่ต้องมีหลักดินได้

ตัวนำประธาน



RMUTL

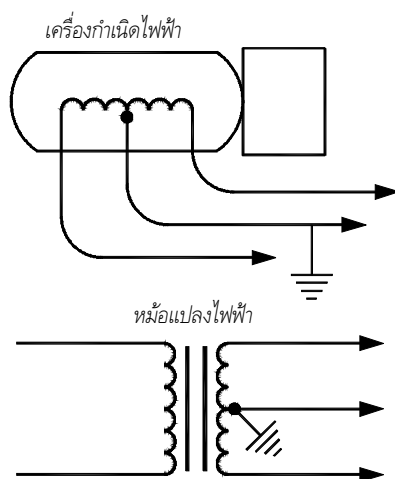
กรณีที่ดินสายดินของเครื่องบริภัณฑ์ไฟฟ้า (Equipment Grounding Conductor) ไปพร้อมกับสายเฟสจากอาคารประธาน เพื่อการต่อลงดินของส่วนโลหะของเครื่องบริภัณฑ์ไฟฟ้า ท่อโลหะ และ ส่วนโครงสร้างของอาคาร สายดินของเครื่องบริภัณฑ์ไฟฟ้านี้จะต้องต่อกับหลักดินที่มีอยู่ (ถ้าไม่มีหลักดินจะต้องสร้างขึ้น) และจะต้องเป็นสายหุ้มฉนวนด้วย นอกจากนี้สายนิวทรัลที่เดินมาจากอาคารประธานอนุญาตให้ไม่ต้องต่อเข้ากับหลักดินที่อาคารหลังอื่นได้



รูปที่ 6.16 การเดินสายดินของเครื่องบริภัณฑ์ไฟฟ้าจากอาคารประธานไปยังอาคารหลังอื่นๆ

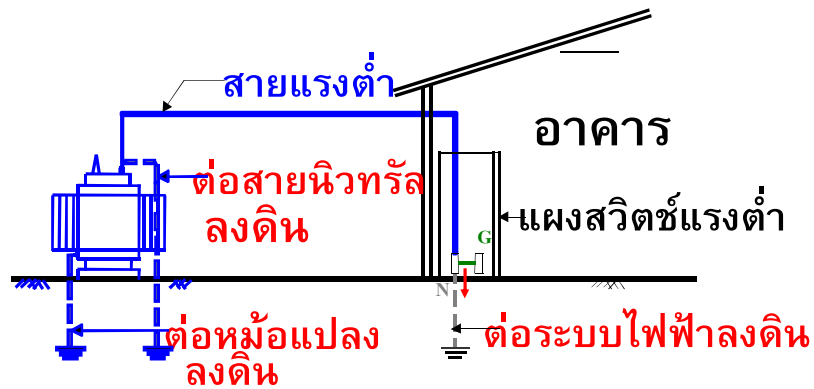
5 การต่อลงดินของระบบไฟฟ้าที่มีตัวจ่ายแยกต่างหาก (Separately Derived System)

- ระบบไฟฟ้าที่จ่ายไฟโดย
 - เครื่องกำเนิดไฟฟ้า
 - หม้อแปลงไฟฟ้า
 - ขดลวดคอนเวอร์เตอร์

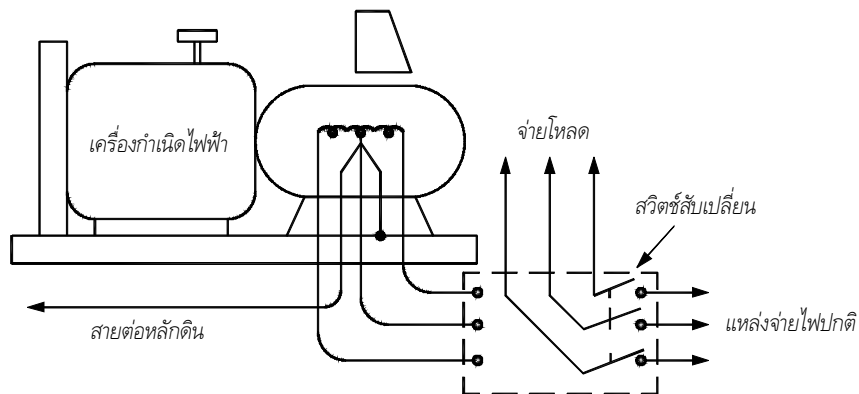


รูปที่ 6.17 ระบบไฟฟ้าที่มีตัวจ่ายแยกต่างหาก

การต่อลงดินของระบบไฟฟ้า เมื่อมีหม้อแปลงอยู่นอกอาคาร



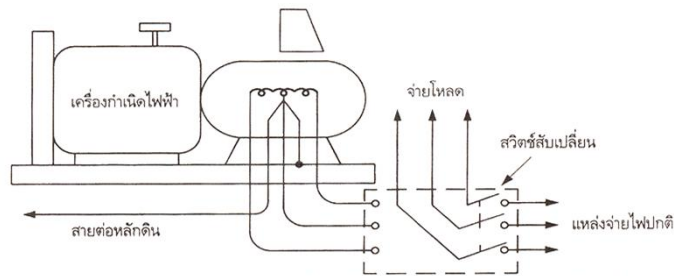
RMUTL



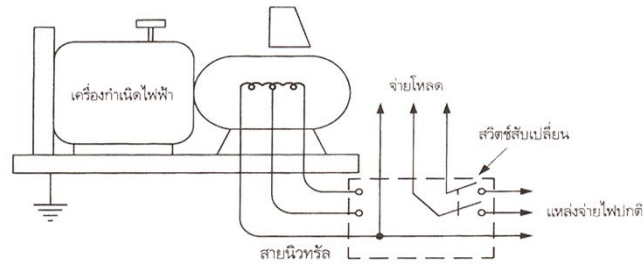
รูปที่ 6.18 ระบบไฟฟ้าที่มีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเป็นตัวจ่ายแยกต่างหากพร้อมสวิตช์สับเปลี่ยน

RMUTL

126



รูปที่ 6.18 ระบบไฟฟ้าที่มีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเป็นตัวจ่ายแยกต่างหากพร้อมสวิทช์สับเปลี่ยน



รูปที่ 6.19 ระบบที่มีเครื่องกำเนิดไฟฟ้า พร้อมสวิทช์สับเปลี่ยน แต่ไม่มีการตัดสายนิวทรัล

RMUTL

ระบบนี้ไม่ใช่ระบบไฟฟ้าที่มีตัวจ่ายแยกต่างหาก

127

การต่อลงดินของระบบไฟฟ้าที่มีตัวจ่ายแยกต่างหาก

ถึงแม้จะไม่ใช้ระบบประธาน (Service)

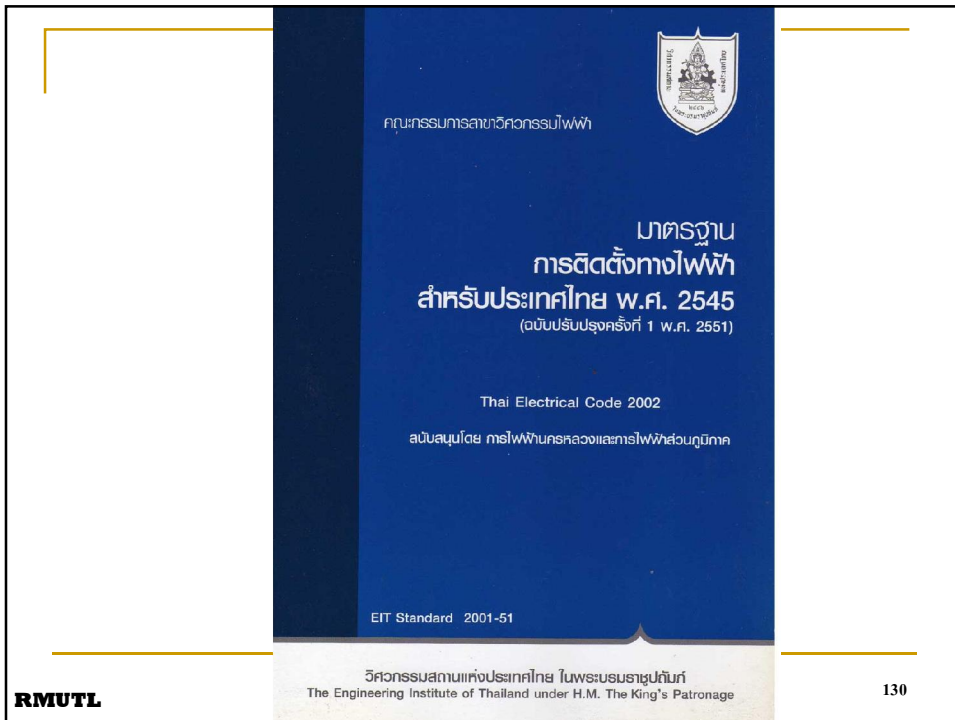
แต่ในทางปฏิบัติถือว่าเป็นระบบประธาน

ให้ใช้ตามหลักการของบริษัทที่ประธาน

สายต่อฝากหลัก สายต่อหลักดิน จะต่อร่วมกันเข้ากับหลักดิน

RMUTL

128





6 การต่อลงดินของเครื่องบริภัณฑ์ไฟฟ้า

(Equipment Grounding)

- การต่อส่วนที่เป็นโลหะที่ไม่มีกระแสไหลผ่านของสถานประกอบการให้ถึงกันตลอด แล้วต่อลงดิน

จุดประสงค์ดังนี้ คือ

1. เพื่อให้ส่วนโลหะที่ต่อถึงกันตลอดมีศักดาไฟฟ้าเท่ากับดิน ทำให้ปลอดภัยจากการโดนไฟดูด
2. เพื่อให้อุปกรณ์ป้องกันกระแสเกินทำงานได้รวดเร็วขึ้น เมื่อตัวนำไฟฟ้าแตะเข้ากับส่วนโลหะใดๆ เนื่องจากฉนวนของสายไฟฟ้าชำรุด หรือเกิดอุบัติเหตุ
3. เป็นทางผ่านให้กระแสรั่วไหล และ กระแสเนื่องมาจากไฟฟ้าสถิตลงดิน

การเกิดไฟฟ้าดูด เมื่อไม่มีการต่อลงดินในส่วนของผู้ใช้ไฟ

RMUTL 133

ความปลอดภัยเมื่อมีการต่อลงดินในส่วนของผู้ใช้ไฟ กรณีที่เกิดไฟรั่ว

RMUTL 134

การตอบสนองต่อกระแสไฟฟ้าของร่างกาย

ปริมาณกระแสไฟฟ้า	ความรู้สึกหรืออาการที่เกิดขึ้น
ไม่ถึง 1 มิลลิแอมแปร์	ยังไม่มีผลหรืออาจไม่รู้สึกรับกระแสไฟฟ้า
ประมาณ 1-3 มิลลิแอมแปร์	รู้สึกถึงอาการเจ็บ
ประมาณ 10 มิลลิแอมแปร์	กระทบกระเทือนต่อระบบประสาท กล้ามเนื้อเกร็งหดตัว บางคนไม่สามารถปล่อยมือหลุดออกได้ (อาจเป็นอันตรายถึงชีวิต)
ประมาณ 30 มิลลิแอมแปร์	กล้ามเนื้อเกร็งหดตัวอย่างรุนแรง การหายใจเริ่มไม่ทำงานและหัวใจเริ่มเต้นผิดปกติหรือเริ่มหยุดเต้น (เป็นไปได้มากที่จะเป็นอันตรายถึงชีวิต)
ประมาณ 75 มิลลิแอมแปร์	หัวใจเต้นผิดปกติ (เป็นอันตรายถึงชีวิต)
ประมาณ 250 มิลลิแอมแปร์	หัวใจจะสั้นกระตุก (เป็นอันตรายถึงชีวิต)
ประมาณ 4 แอมแปร์	หัวใจหยุดเต้น
เกิน 5 แอมแปร์	เกิดความร้อน เนื้อไหม้ และรอยไหม้เกรียม

เครื่องบริภัณฑ์ไฟฟ้าที่ต้องต่อลงดิน

ประเภทของบริภัณฑ์ไฟฟ้าที่จะต้องต่อลงดินมีดังต่อไปนี้

1. เครื่องห่อหุ้มที่เป็นโลหะของ สายไฟฟ้า แผงบริภัณฑ์ประธาน โครง และ ราง
บันจันที่ใช้ไฟฟ้า โครงของตู้ลิฟต์ และลวดสลิงยกของที่ใช้ไฟฟ้า
2. ลิ่งกันที่เป็นโลหะรวมทั้งเครื่องห่อหุ้มของเครื่อง บริภัณฑ์ไฟฟ้าในระบบแรง
สูง

3. เครื่องบริภัณฑ์ไฟฟ้าที่ยึดติดอยู่กับที่ (Fixed Equipment) และชนิดที่มีการเดินสายถาวร (Hard Wires) ส่วนที่เป็นโลหะเปิดโล่งซึ่งปกติไม่มีไฟฟ้าแต่อาจมีไฟฟ้ารั่วถึงได้ ต้องต่อลงดินถ้ามีสภาพตามข้อใดข้อหนึ่งต่อไปนี้

- อยู่ห่างจากพื้น หรือ โลหะที่ต่อลงดินไม่เกิน 8 ฟุต (2.40 m) ในแนวตั้ง หรือ 5 ฟุต (1.5 m) ในแนวนอน และบุคคลอาจ สัมผัสได้ (ในข้อนี้ถ้ามีวิธีติดตั้ง หรือวิธีการป้องกันอย่างอื่น ไม่ให้บุคคลไปสัมผัสได้ ก็ไม่ต้องต่อลงดิน) ดังแสดงในรูปที่ 6.20
- สัมผัสทางไฟฟ้ากับโลหะอื่นๆ (เป็นโลหะที่บุคคลอาจสัมผัสได้)
- อยู่ในสภาพที่เปียกชื้น และ ไม่ได้มีการแยกให้อยู่ต่างหาก

กรณีที่มีความสูงมากในทางปฏิบัติควรติดตั้งสายดิน

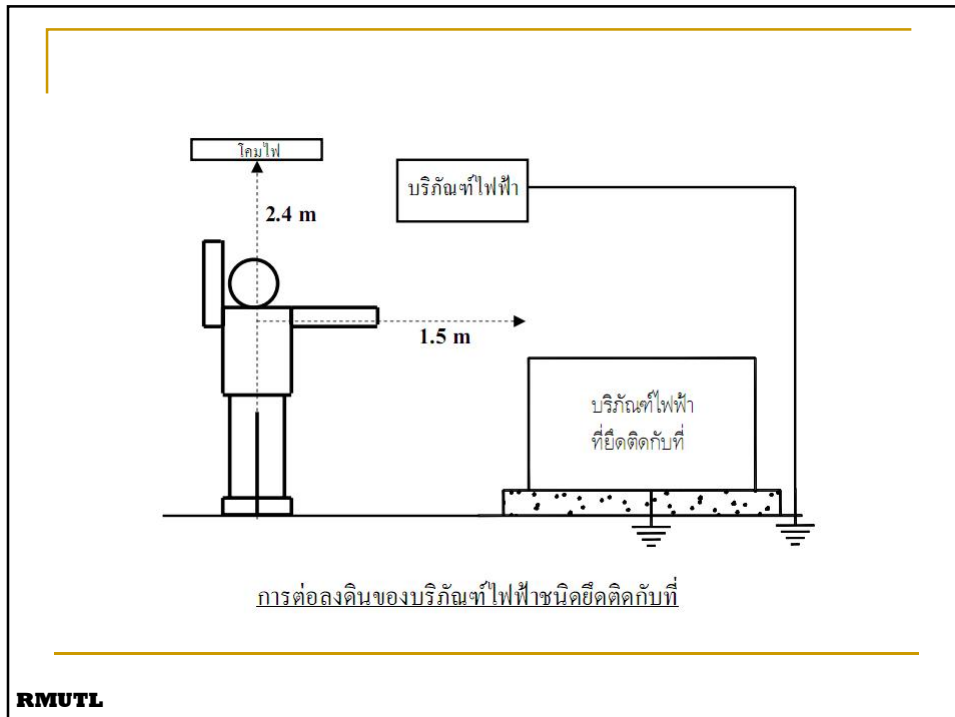
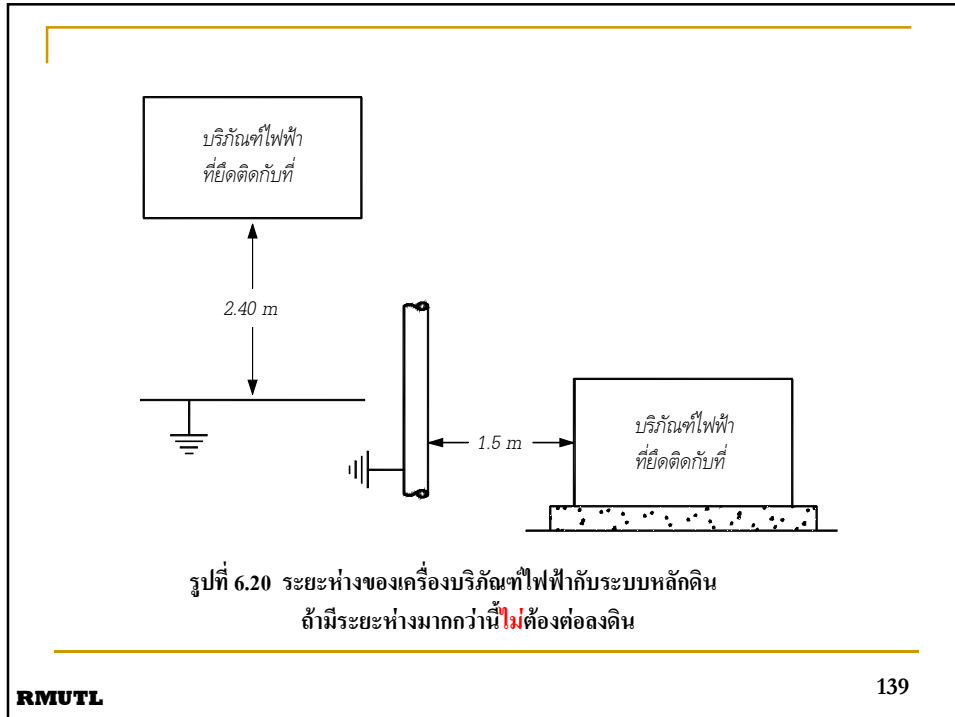
RMUTL

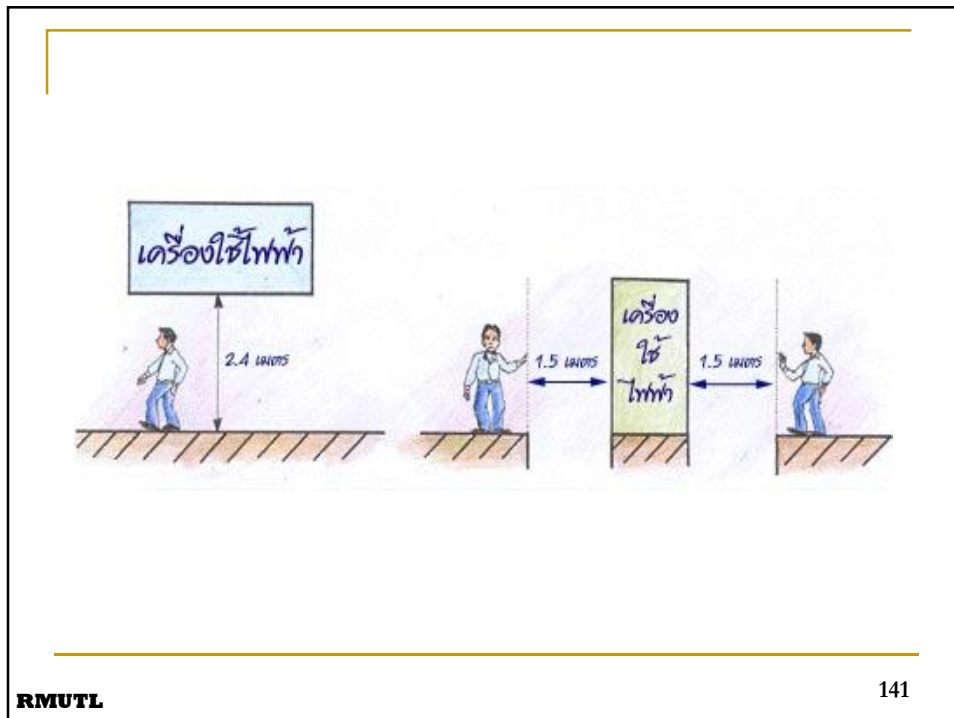
137



มาตรฐานกำหนดความสูงไว้เพื่อไม่ให้สัมผัสโดยบังเอิญที่ระยะ 2.5 เมตร

แต่ที่ความสูงมากๆอาจต้องติดตั้งสายดินสำหรับช่างซ่อมและเกิดไฟรั่ว





RMUTL

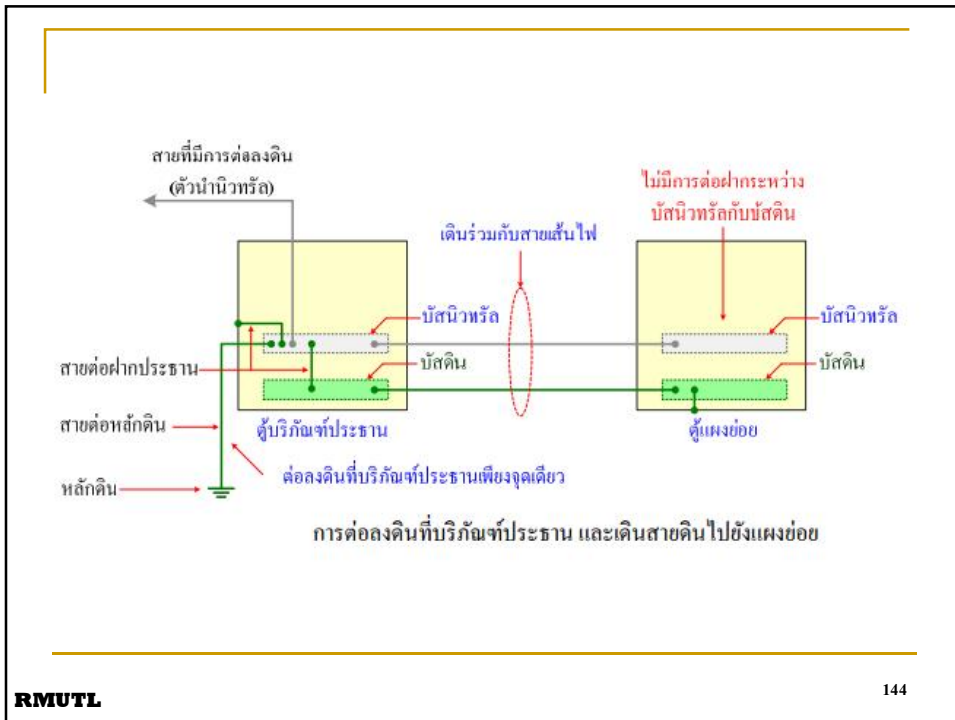
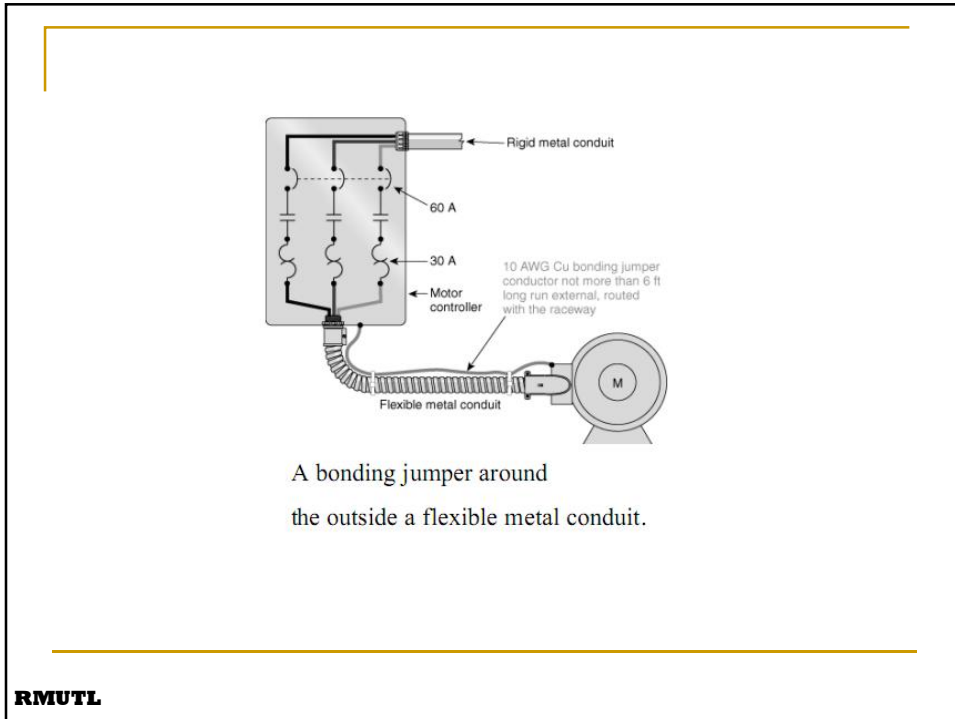
141

4. เครื่องบริภัณฑ์ไฟฟ้าสำหรับยึดติดกับที่ต่อไปนี้อย่างน้อยต้องมีส่วนที่เป็นโลหะเปิดโล่ง และ ปกติไม่มีกระแสไฟฟ้าลงดิน

- โครงของแผงสวิทช์
- โครงของมอเตอร์ชนิดยึดอยู่กับที่
- ก่อของเครื่องควบคุมมอเตอร์ ถ้าใช้เป็นสวิทช์ธรรมดา และมีฉนวนรองที่ฝาสวิทช์ด้านในก็ไม่ต้องต่อลงดิน
- เครื่องบริภัณฑ์ไฟฟ้าของลิฟต์ และ ปั่นจั่น
- ป้ายโฆษณา เครื่องฉายภาพยนตร์ เครื่องสูบน้ำ

RMUTL

142



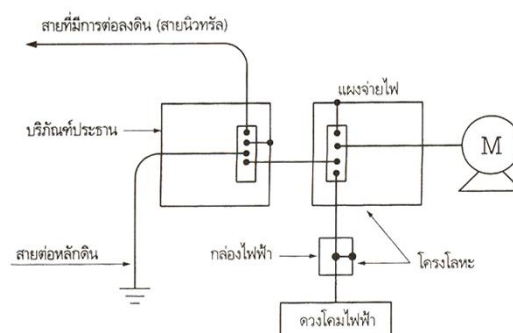
5. เครื่องบริภัณฑ์ไฟฟ้าที่ใช้ตัวเสียบส่วนที่เป็นโลหะเปิดโล่งของเครื่องบริภัณฑ์ไฟฟ้า ต้องต่อลงดินเมื่อมีสภาพตามข้อใดข้อหนึ่งดังนี้

- แรงดันเทียบกับดินเกิน 150 V ยกเว้นมีการป้องกันอย่างอื่น หรือ มีฉนวนอย่างดี
- เครื่องไฟฟ้าทั้งที่ใช้ในที่อยู่อาศัย และ ที่อยู่นั้นๆ ดังนี้
 - ตู้เย็น ตู้แช่แข็ง เครื่องปรับอากาศ
 - เครื่องซักผ้า เครื่องอบผ้า เครื่องล้างจาน เครื่องสูบน้ำทิ้ง
 - เครื่องประมวลผลข้อมูล เครื่องใช้ไฟฟ้าในตู้เลี้ยงปลา
 - เครื่องมือที่ทำงานด้วยมอเตอร์ เช่น สว่านไฟฟ้า
 - เครื่องตัดหญ้า เครื่องขัดถู
 - เครื่องมือที่ใช้ในสถานที่เปียกชื้น เป็นพื้นดินหรือเป็นโลหะ
 - โคมไฟฟ้าชนิดห้อยยกได้

สายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า

(Equipment Grounding Conductor)

- ตัวนำที่ใช้ต่อส่วนโลหะ ที่ไม่นำกระแสของบริภัณฑ์



รูปที่ 6.21 สายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า

ทางเดินสายดินที่ใช้ได้ผลดี (Effective Grounding)

การต่อลงดินให้ได้ผลดีต้องทำให้ได้ตามข้อกำหนดดังต่อไปนี้คือ

- ความต่อเนื่อง (Continuity) ส่วนโลหะทั้งหมดจะต้องต่อถึงกันตลอด
- อิมพีแดนซ์ต่ำ (Low Impedance) เพื่อให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้สะดวก
- ทนต่อกระแสค่าสูงได้ (Ampacity) ขนาดพื้นที่หน้าตัดจะต้องใหญ่พอ เพื่อให้ทนต่อกระแสสูงๆ ได้เมื่อเกิดการลัดวงจรขึ้น

ชนิดของสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า

สายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า ที่เดินสายรวมไปกับสายของวงจรจะต้องเป็นดังนี้

- ตัวนำทองแดงจะหุ้มฉนวน หรือไม่หุ้มฉนวนก็ได้
- เปลือกโลหะของสายเคเบิลชนิด AC , MI และ MC
- บัสเวย์ที่ได้ระบุให้ใช้แทนสายสำหรับต่อลงดินได้

ฉนวนหรือเปลือกของสายดินต้องมีสีเขียว หรือสีเขียวแถบเหลือง หากสายดินมีขนาดใหญ่กว่า 10 ตารางมิลลิเมตร หรือเป็นเคเบิลหลายแกนที่ใช้ในสถานที่ซึ่งการบำรุงรักษาทำโดยบุคคลที่มีหน้าที่เกี่ยวข้อง ให้ทำเครื่องหมายแทนสีของสายได้

ขนาดสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า

ขนาดสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า ทำตามข้อต่างๆ ต่อไปนี้

- เลือกขนาดสายดินตามขนาดของเครื่องป้องกันกระแสเกิน ตามตารางที่ 2
- เมื่อเดินสายควบ ถ้ามีสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้าให้เดินขนานกันไป ในแต่ละท่อสาย และขนาดสายดินให้คิดตามพิคัดของเครื่องป้องกัน กระแสเกิน
- เมื่อมีวงจรมากกว่าหนึ่งวงจรเดินในท่อสายอาจใช้สายดินของ บริภัณฑ์ไฟฟ้าร่วมกันได้และให้คำนวณขนาดสายดินตามพิคัดของ เครื่องป้องกันกระแสเกินตัวโตที่สุด
- ขนาดสายดินของมอเตอร์ให้เลือกตามพิคัดของเครื่องป้องกัน เกินกำลังของมอเตอร์

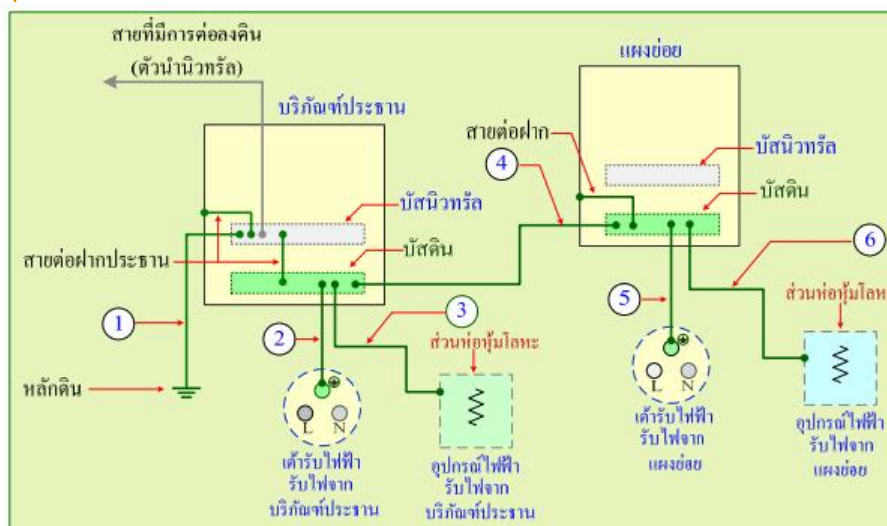
$$\text{พิคัดของเครื่องป้องกันเกินกำลัง} = 1.15 I_n$$

โดยที่ I_n คือ พิคัดกระแสของมอเตอร์

- สายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า ไม่จำเป็นต้องโตกว่าสายเฟส

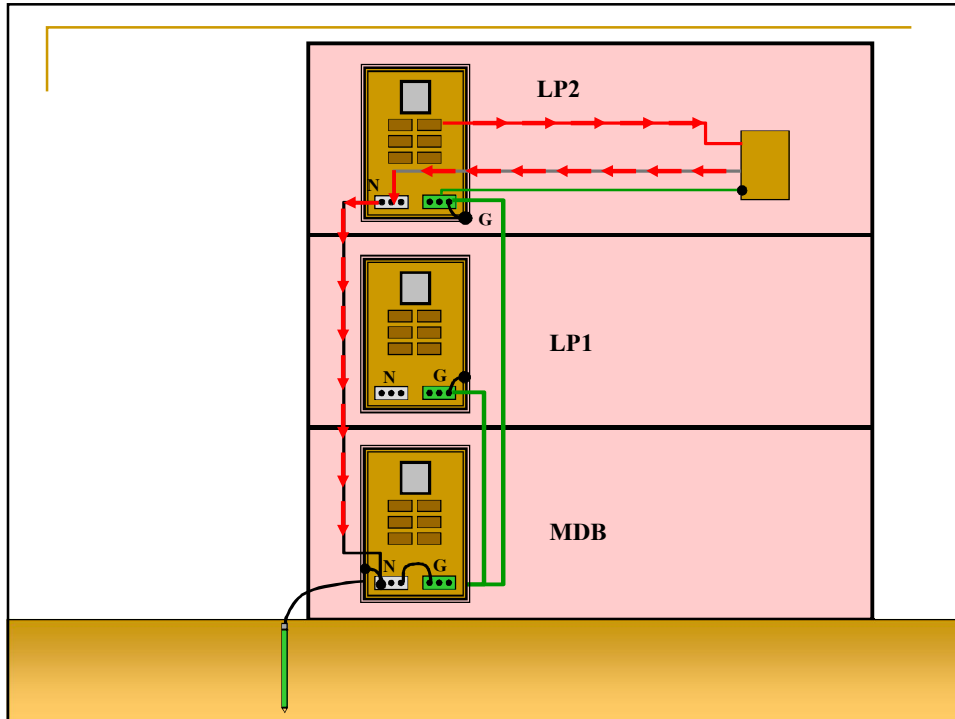
RMUTL

149



RMUTL

150



ตารางที่ 2 ขนาดต่ำสุดของสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า

พิกัดหรือขนาดปรับตั้งของ เครื่องป้องกันกระแสเกิน ไม่ เกิน (A)	ขนาดต่ำสุดของสายดินของบริภัณฑ์ ไฟฟ้า (ตัวนำทองแดง) (mm ²)
16	1.5 *
20	2.5 *
40	4 *
70	6 *
100	10
200	16
400	25
500	35
800	50
1,000	70
1,250	95
2,000	120
2,500	185
4,000	240
6,000	400

หมายเหตุ:

- ขนาดต่ำสุดของสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้าใช้สำหรับที่อยู่อาศัย หรืออาคารของผู้ใช้ไฟที่อยู่ใกล้หม้อแปลงระบบจำหน่ายภายในระยะ 100 m

- กรณีที่ผู้ใช้ไฟอยู่ห่างจากหม้อแปลงระบบจำหน่ายเกิน 100 m ให้ดูภาคผนวก ข ของมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทยของ ว.ส.ท.

EIT_Table 4.2 Minimum size of earthing wiring equipment

ที่ตัดหรือขนาดปรับตั้งของตัวเครื่องป้องกันระยะเสียดิน (แอมแปร์)	ขนาดต่ำสุดของสายดินของบริดจ์ยกไฟฟ้า (ตัวนำทองแดง ตร.มม.)	ไม่น้อยกว่า 400A x 0.08
16	1.5*	(1.28)
20	2.5*	(1.60)
40	4*	(3.2)
70	6*	(5.6)
100	10	(8)
200	16	(16)
400	25	(24)
500	35	(30)
800	50	(48)
1000	70	(60)
1250	95	(75)
2000	120	(120)
2500	185	(150)
4000	240	(240)
6000	400	(360)

ไม่น้อยกว่า 400A x 0.06

RMUTL

153



RMUTL



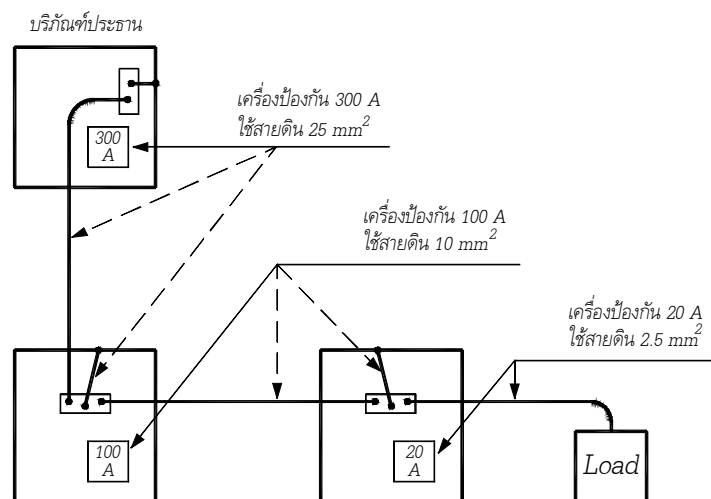
RMUTL



RMUTL



ตัวอย่างที่ 8 ระบบไฟฟ้าหนึ่งประกอบด้วย บริภัณฑ์ไฟฟ้า และ แผงจ่ายไฟ ดังรูป จง



วิธีทำ

จากตาราง 6.2 ใช้ขนาดสายดิน ดังนี้

บริษัทฯ ปรุระธานเครื่องป้องกัน 300 A ขนาดสายดิน 25 mm²

แผงจ่ายไฟ 1 เครื่องป้องกัน 100 A ขนาดสายดิน 10 mm²

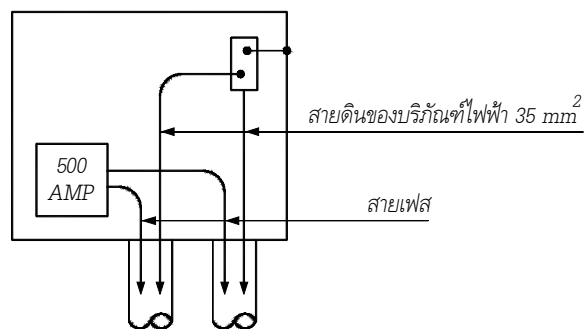
แผงจ่ายไฟ 2 เครื่องป้องกัน 20 A ขนาดสายดิน 2.5 mm²

จะเห็นว่าขนาดสาย Bonding Jumper ที่แผงจ่ายไฟจะใช้เท่ากับขนาดสายดินของ
บริษัทฯ ไฟฟ้าที่จ่ายมายังแผงจ่ายไฟนั้นด้วย

RMUTL

159

ตัวอย่างที่ 9 บริษัทฯ ปรุระธานมีเครื่องป้องกันกระแสเกิน 500 A ต่อกับวงจร ซึ่งประกอบด้วยสายควบคุม 2 ชุด เดินในท่อร้อยสายท่อละ 1 ชุด ดังรูป จงหาขนาดสายดินของบริษัทฯ ไฟฟ้า

**วิธีทำ**

วงจรปรุระ

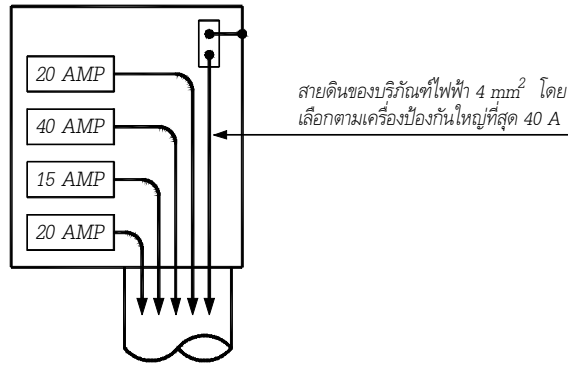
ในแต่ละท่อ โดยสายดินแต่ละเส้นเลือกตามขนาดเครื่องป้องกัน

จากตาราง 6.2 กรณีเครื่องป้องกัน 500 A ใช้ขนาดสายดิน 35 mm²

RMUTL

160

ตัวอย่างที่ 10 วงจรจ่ายโหลด 4 วงจร ที่ต่อจากแผงจ่ายไฟแห่งหนึ่ง ต้องการเดินในท่อสายร่วมกัน โดยแต่ละวงจรมีเครื่องป้องกันกระแสเกิน 20 A , 40 A , 15 A และ



จากตารางที่ 6.2 กรณีเครื่องป้องกัน 40 A ใช้สายดิน 4 mm²

RMUTL

161

ตัวอย่างที่ 11 มอเตอร์เหนี่ยวนำขนาด 22 kW, 380V (44 A) , 3 เฟส

จงหาขนาดสายไฟตารางที่ 4 เดินในท่อโลหะในอากาศ

วิธีทำ

$$I_c \geq 1.25 \times I_n$$

$$\geq 1.25 \times 44$$

$$\geq 55 \text{ A}$$

สาย T-4 3 x 16 mm² (56 A)

หาขนาดสายดิน

$$I_L = 1.15 \times I_n$$

$$= 50.6 \text{ A}$$

สายดิน 6 mm²

สายวงจรมอเตอร์ 3 x 16 mm²

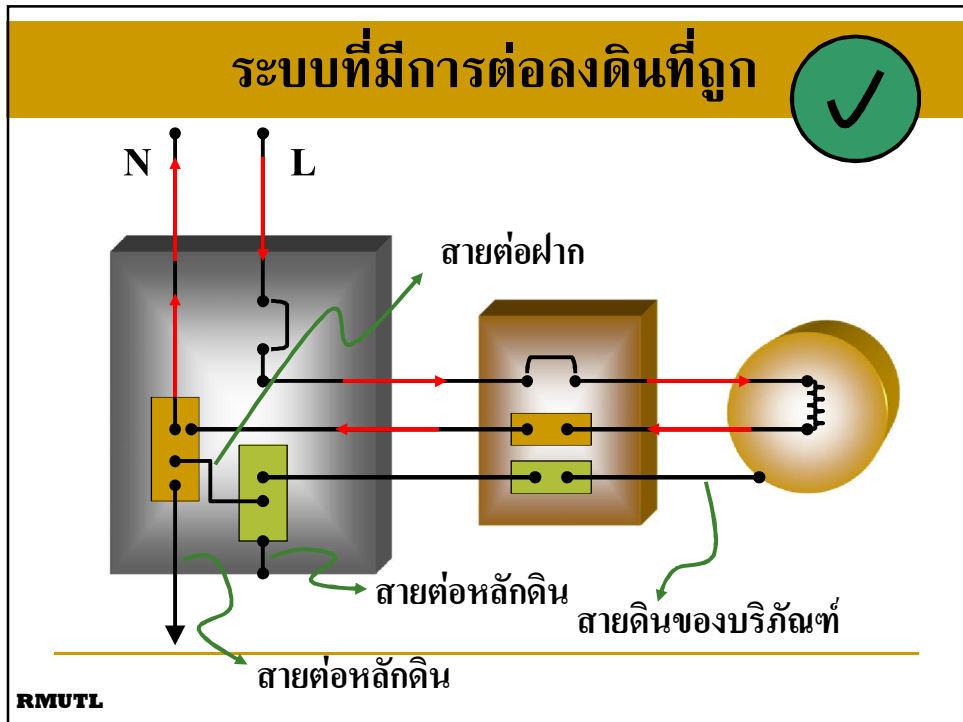
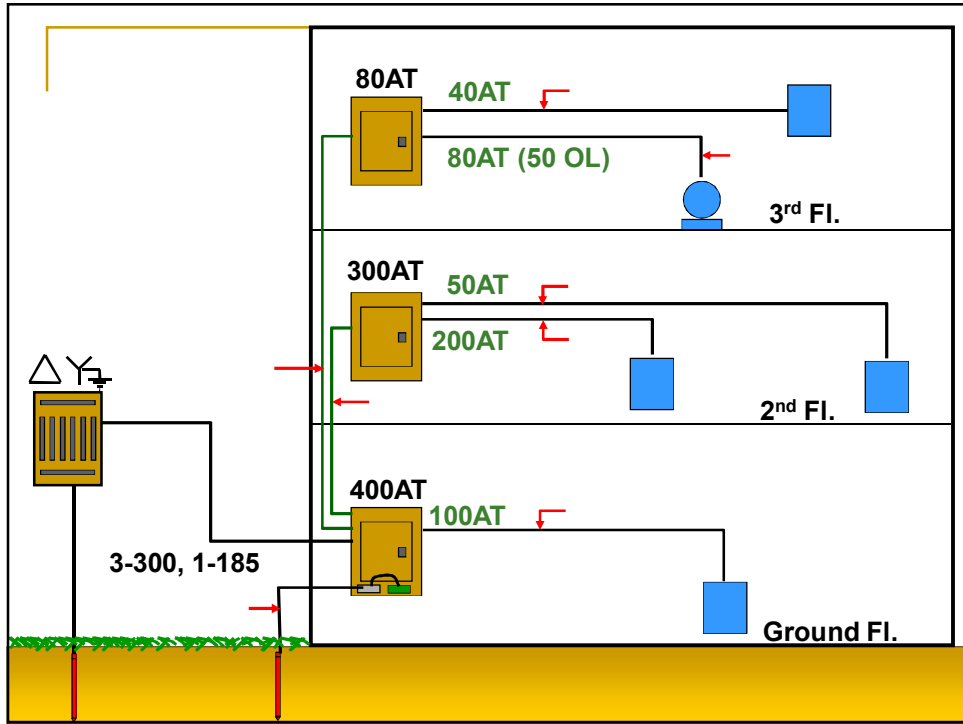
∴

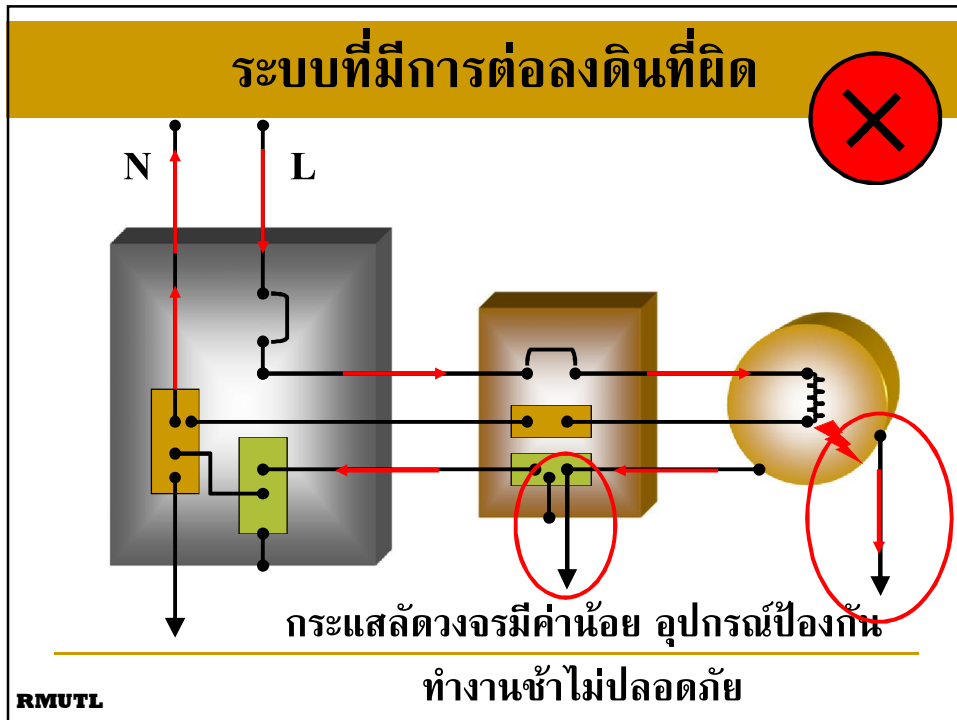
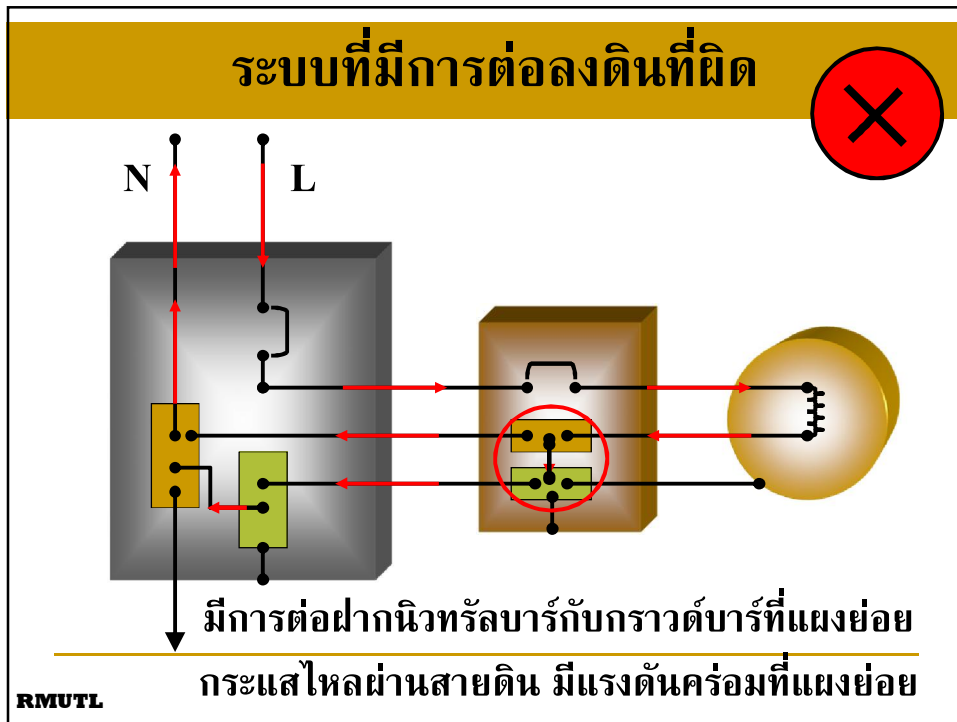
G-6 mm²

∅ 32 mm (1 1/4")

RMUTL

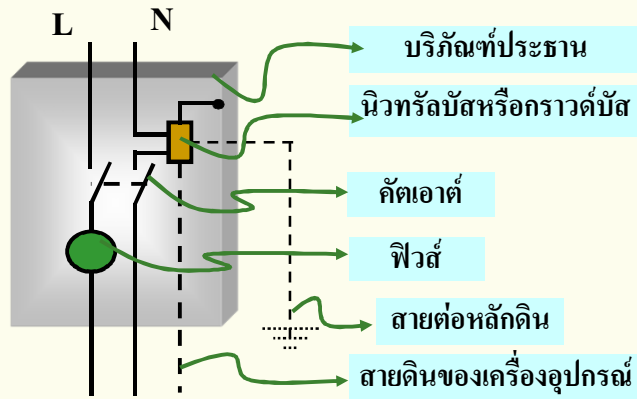
162





การต่อลงดินของระบบประธานขนาดเล็ก

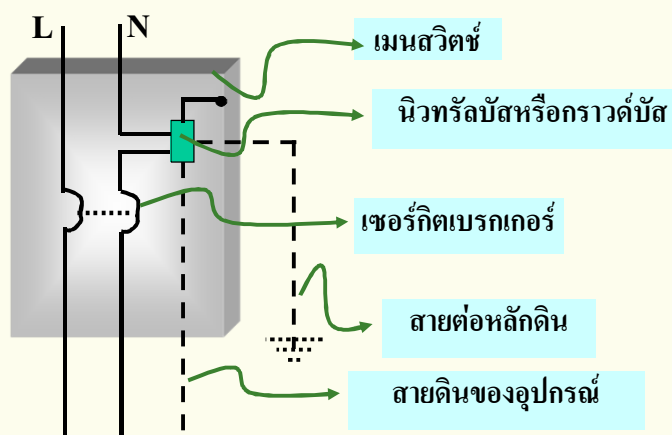
เมื่อใช้ไฟคัทเอาท์



RMU...

การต่อลงดินของระบบประธานขนาดเล็ก

เมื่อใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์ 2 POLE



RMU



7 การต่อลงดินของเครื่องคอมพิวเตอร์

(Computer Grounding)

- การต่อลงดินของเครื่องคอมพิวเตอร์ หรืออุปกรณ์ อิเล็กทรอนิกส์เป็น เรื่องสำคัญมาก เนื่องจากอุปกรณ์ เหล่านี้มีความไวต่อสัญญาณรบกวน (Noise)
- ดังนั้นในการต่อลงดินนอกจากจะต้องคำนึงถึง
 - ความปลอดภัย
 - การลดสัญญาณรบกวน

การต่อลงดินของเครื่องคอมพิวเตอร์ต้องทำ 2 แบบ คือ

1. การต่อลงดินของระบบการจ่ายไฟ (Power Distribution Grounding)
2. การต่อลงดินความถี่สูง (High Frequency Grounding)

การต่อลงดินสำหรับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ (Electronic and Computer Grounding)

หมายถึง การต่อลงดินกรณีพิเศษ เช่น การต่อลงดินสำหรับระบบที่มีพิสัยความถี่สูงเป็น เมกกะเฮิรตซ์ มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงขนาดแรงดันไฟฟ้า และในการทำงานของอุปกรณ์มีความต้องการแรงดันไฟฟ้าเปรียบเทียบกับดิน และช่วยป้องกันไฟฟ้าสถิตที่อาจสะสมบนพื้นผิวของ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งอาจเกิดปัญหาต่อวงจรไฟฟ้า

การต่อลงดินของระบบการจ่ายไฟ

(Power Distribution Grounding)

- ส่วนโลหะที่ไม่มีกระแสไหลผ่านของเครื่องคอมพิวเตอร์ จะต้องต่อลงดิน เพื่อความปลอดภัยจากไฟฟ้าช็อต และให้อุปกรณ์ป้องกันทำงานได้รวดเร็วขึ้นเมื่อเกิดการ ลัดวงจรลงดิน

การต่อลงดินความถี่สูง (High Frequency Grounding)

- สายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า จะมีความต้านทานต่ำที่ 50 Hz
- ที่ความถี่สูงจะทำให้มีค่าอิมพีแดนซ์จะสูงเพราะการเหนี่ยวนำ
- สัญญาณรบกวนอาจมีความถี่ 30 MHz
- เพื่อลดสัญญาณรบกวนต้องมีการต่อลงดินความถี่สูง
- วิธีหนึ่งที่ทำได้คือ Signal Reference Grid ซึ่งเป็นตาข่ายสี่เหลี่ยม ขนาดประมาณ 600 x 600 mm ทำด้วยตัวนำหรือ แผ่นทองแดง เชื่อมต่อกันตลอดที่จุดตัด นำไปวางใต้เครื่องอุปกรณ์ต่างๆ ซึ่งส่วนมากจะอยู่ใต้พื้นยก (Raised Floor)
- อุปกรณ์ต่างๆ ของระบบคอมพิวเตอร์ควรต่อเข้ากับ Signal Reference Grid ด้วยสายที่สั้นที่สุดเท่าที่ทำได้

วิธีการต่อลงดินที่ถูกต้องของเครื่องคอมพิวเตอร์

เครื่องคอมพิวเตอร์จะต้องต่อลงดินตาม NEC 250 ซึ่งจะประกอบด้วย

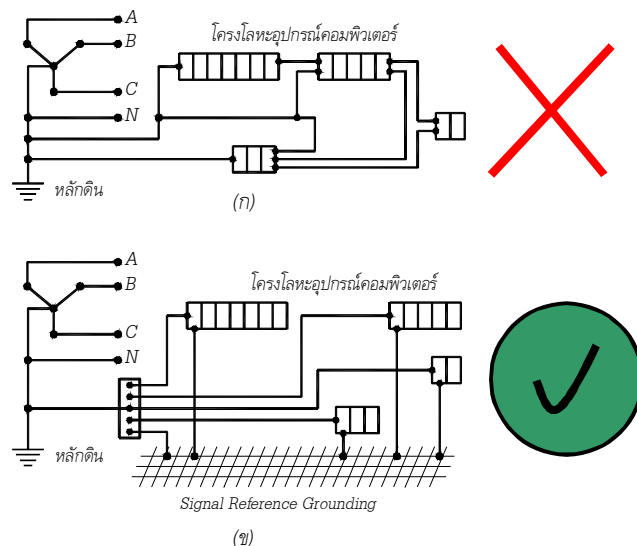
1. การต่อลงดินของสายดินบริภัณฑ์ไฟฟ้า
2. การต่อลงดินของระบบคอมพิวเตอร์

การต่อลงดิน

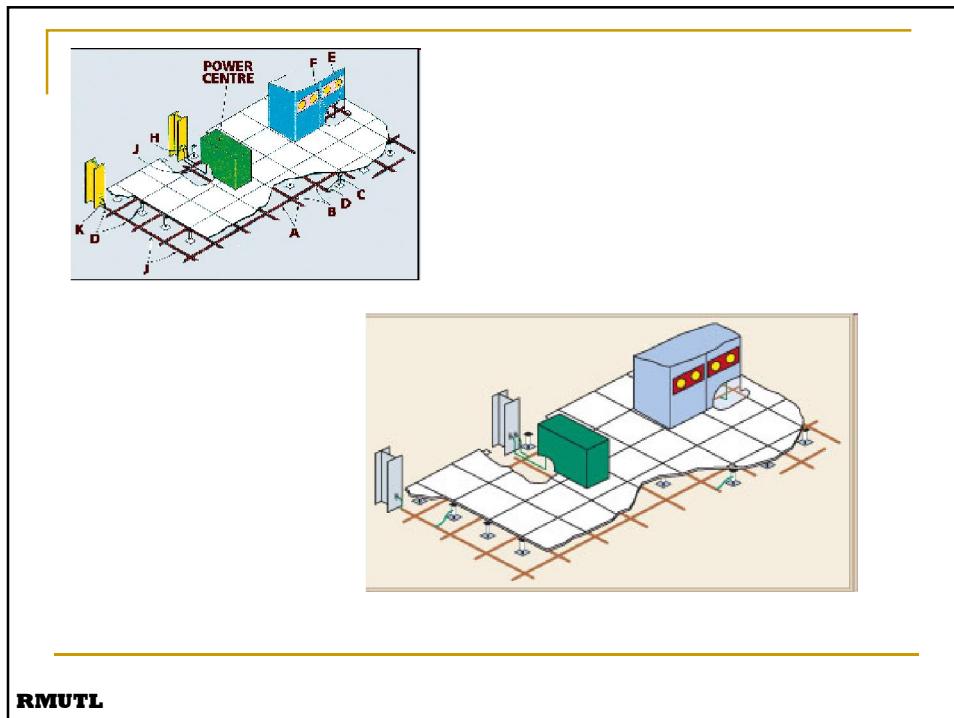
- ❑ แบบหลายจุด (Multiple Grounding) ตามรูปที่ 6.22 ก **จะใช้ไม่ได้** เนื่องจากทำให้เกิด Ground Loop และกระแสสามารถไหลวนได้ ซึ่งคือสัญญาณรบกวนนั่นเอง

การต่อลงดิน วิธีที่ถูกต้อง

- แบบเรเดียลเข้าหาจุดกลาง (Central Radial Grounding) กล่าวคืออุปกรณ์ทุกชิ้นจะมีสายดินของบริษัทที่ไฟฟ้า ต่อแยกกันไปยังบัสดินของคอมพิวเตอร์ (Computer Ground Bus) จุดนี้จะเป็นการต่อลงดินเพียงจุดเดียว (Single Ground Point) วิธีนี้จะไม่ทำให้เกิด Ground Loop ตามรูปที่ 6.22 ข



รูปที่ 6.22 การต่อลงดินของเครื่องคอมพิวเตอร์



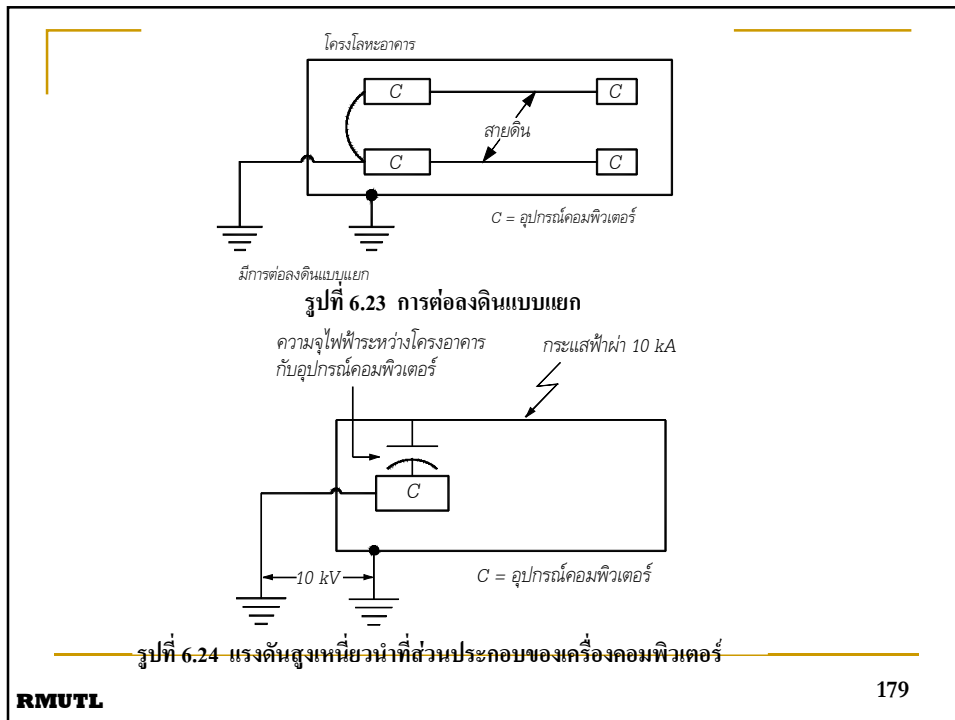
RMUTL

หลักดิน (Grounding Electrode)

- การต่อลงดินเป็นแบบแยก (Isolated Ground System) ตามรูปที่ 6.23 การใช้ระบบการต่อลงดินแบบแยก Isolated Ground System ในสภาพการทำงานตามปกติสามารถลดสัญญาณรบกวนได้จริง เนื่องจากมันจะเพิ่มอิมพีแดนซ์ในระบบ แต่จากการวิเคราะห์อย่างละเอียด และทดสอบภาคสนามพบว่า ในสภาพอากาศฝนฟ้าคะนอง หรือเมื่ออาคารถูกฟ้าผ่า จะมีแรงดันสูงมาก เหนี่ยวนำขึ้นที่ ส่วนประกอบของเครื่อง คอมพิวเตอร์ ซึ่งอาจทำให้เครื่องคอมพิวเตอร์ทำงานผิดพลาดและ เสียหายได้ ตามรูปที่ 6.24

RMUTL

178



RMUTL

179

8 ระบบหลักดิน (Grounding Electrode System)

ดิน (Earth)

- เป็นจุดอ้างอิง
- รองรับกระแสต่างๆ ที่รั่วไหลลงดิน
- เป็นที่ต่อของส่วนที่เป็นโลหะของสถานประกอบการต่างๆ
- สักดาไฟฟ้าเท่ากับดินคือเป็นศูนย์

RMUTL

180

สภาพการนำไฟฟ้าของดิน (σ)

ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบต่างๆ ดังต่อไปนี้

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

ในการศึกษาสภาพการนำไฟฟ้าของดินนั้นเราจะทำการ

- ศึกษาความต้านทานจำเพาะของดิน (ρ) แทน

โดยที่

$$\rho = \frac{1}{\sigma} \dots\dots\dots(6.1)$$

โดยที่

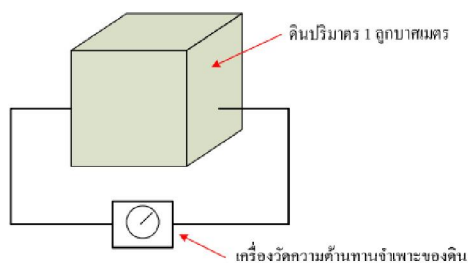
ρ คือ ความต้านทานจำเพาะของดิน ($\Omega.m$)

σ คือ สภาพการนำไฟฟ้าของดิน (Mho/m)

ดินที่มีความต้านทานจำเพาะต่ำ (**10-100 $\Omega.m$**) แสดงว่ามีสภาพการนำไฟฟ้าดี

ค่าความต้านทานจำเพาะของดิน คือ ค่าความต้านทานของดินในปริมาตร 1 ลูกบาศก์เมตร โดยวัดระหว่างขั้วด้านตรงข้ามกัน ดังรูปที่ 2.13 ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงคุณสมบัติทางไฟฟ้าของดิน การวัดค่าความต้านทานจำเพาะมีความจำเป็นเนื่องจาก

- โดยปกติดินมักจะไม่ได้มีโครงสร้างที่เป็นเนื้อเดียวกัน แต่เกิดจากลักษณะของชั้นดินที่แตกต่างกัน
- ค่าความต้านทานจำเพาะของดินขึ้นอยู่กับชนิดของดินที่มีมากมายหลายชนิด อีกทั้งยังมีค่าเปลี่ยนแปลงตามปริมาณน้ำหรือความชื้น และอุณหภูมิของดิน



การวัดค่าความต้านทานจำเพาะของดิน

ตัวอย่างความต้านทานจำเพาะของดินชนิดต่างๆ ดังแสดงในตาราง

ชนิดของดิน	ความต้านทานจำเพาะเฉลี่ย ($\Omega.m$)
ดินผสมวัชพืชเปียก	10
ดินชื้น	100
ดินแห้ง	1000
ทราย	500 - 1000
หินแข็ง	10000

ตารางที่ 2.2 ค่าความต้านทานจำเพาะของดินประเภทต่างๆ

ชนิดของดิน	ค่าความต้านทานจำเพาะของดิน (โอห์มเมตร, $\Omega \cdot m$)	
	ช่วงของค่า	ค่าเฉลี่ย
ดินโคลน	2 - 50	30
ดินเหนียว	2 - 200	40
ดินตะกอน ดินเหนียวปนทราย	20 - 260	100
ดินทราย	50 - 3000	200 (ขึ้น)
ดินร่วน	> 200	200
กรวด (ขึ้น)	50 - 3000	1000 (ขึ้น)
หิน	100 - 8000	2000
คอนกรีต (ซีเมนต์ : ทราย = 1:3)	50 - 300	150
ซีเมนต์ : กรวด = 1:5		400
ซีเมนต์ : กรวด = 1:7		500
น้ำทะเล	0.1 - 1	0.5
น้ำแข็ง	10,000 - 100,000	50,000

หน้าที่ของระบบหลักดิน

ระบบหลักดิน

- ประกอบด้วยหลักดินหลายแบบซึ่งต่อถึงกัน ในสถานประกอบการหนึ่งๆ อาจมีหลักดินแบบเดียวหรือหลายแบบก็ได้ ถ้าหลักดินมีหลายแบบ จะต้องต่อหลักดินนั้นๆ ให้ต่อเนื่องถึงกันตลอดเป็นระบบหลักดิน

ระบบหลักดินมีหน้าที่ดังต่อไปนี้

- ทำให้เกิดการต่อถึงกันอย่างดีระหว่างดิน และส่วนที่เป็นโลหะที่ไม่มีกระแสไหลผ่านของสถานประกอบการ เพื่อให้ส่วนโลหะเหล่านี้มีศักดาไฟฟ้าเป็นศูนย์ คือที่ระดับดิน
- เพื่อให้เป็นทางผ่านเข้าสู่ดินอย่างสะดวกสำหรับอิเล็กตรอน จำนวนมากในกรณีที่เกิดฟ้าผ่าหรือแรงดันเกิน
- เพื่อถ่ายทอดกระแสรั่วไหล หรือ กระแสที่เกิดจากไฟฟ้าสถิตลงสู่ดิน

ชนิดของหลักดิน

หลักดินอาจแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ

1. หลักดินที่มีอยู่แล้ว (Existing Electrode)
2. หลักดินที่ทำขึ้น (Made Electrode)

หลักดินที่มีอยู่แล้ว

- ทำขึ้น เพื่อจุดประสงค์อย่างอื่น ซึ่งไม่ใช่เพื่อการต่อลงดิน หลักดินที่มีอยู่แล้ว ประกอบด้วย ใต้เป็นหลักดินได้ เช่น
 - ท่อโลหะใต้ดิน
 - โครงโลหะของอาคาร
 - เสาเข็มหลัก
 - โครงสร้างโลหะใต้ดิน

หลักดินที่พำขึ้น

- จัดหาและติดตั้งสำหรับงานระบบการต่อลงดินโดยเฉพาะ
 - แท่งดิน (Ground Rods)
 - หลักดินที่หุ้มด้วยคอนกรีต (Concrete Encased Electrode)
 - แผ่นฝัง (Buried Plate)
 - ระบบหลักดินแบบวงแหวน (Ring)
 - กริด (Grid)

ระบบหลักดินแบบต่างๆ

1. แท่งดิน (Ground Rod)

- นิยมใช้กันมากที่สุด
 - ราคาถูกและ ติดตั้งง่าย
- 
- เส้นผ่านศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 5/8 นิ้ว (16 mm)
 - ความยาวไม่น้อยกว่า 2.4 m
 - การเพิ่มเส้นผ่านศูนย์กลางจะช่วยลดความต้านทานดินได้เพียงเล็กน้อย แต่จะช่วยเพิ่มความแข็งแรงทางกล
 - ทองแดงเป็นโลหะที่ดีที่สุดสำหรับใช้เป็นแท่งดิน
 - เพื่อให้ความแข็งแรงทางกลดีขึ้น อาจใช้เป็นเหล็กหุ้มทองแดง (Copper Clad or Copper Encased Steel)

ภาชนะดินเผา


GROUND ROD CHARM

ขนาด x ความยาว (Size x Length)	ราคา (Price)
5/8" x 6'	270.00
5/8" x 8'	360.00
5/8" x 10'	450.00
3/4" x 6'	380.00
3/4" x 8'	510.00
3/4" x 10'	650.00

ภาชนะดินเผา

GROUND ROD COPPER CLAD

ขนาด x ความยาว (Size x Length)	ราคา (Price)
5/8" x 30 cm. (รุ่นผสม)	45.00
5/8" x 60 cm. (รุ่นผสม)	55.00
5/8" x 100 cm. (รุ่นผสม)	65.00
5/8" x 6' (รุ่นผสม)	85.00
5/8" x 8' (รุ่นผสม)	135.00
5/8" x 10' (รุ่นผสม)	165.00
5/8" x 6' (รุ่นเต็ม)	135.00
5/8" x 8' (รุ่นเต็ม)	185.00
5/8" x 10' (รุ่นเต็ม)	250.00



191


Exothermic welding system

GROUNDING ROD-COPPERCLAD

They are made by copper tube high conductivity and a low carbon steel core.

They can be drive by vibro hammers to great depths of 3 meters (เก้าเมตร)







COPPER CLAD

Code No.	Cable Size	Price (Bath)
GRCC-386	5/8" x 6"	720
GRCC-388	5/8" x 8"	880
GRCC-3810	5/8" x 10"	970
GRCC-346	3/4" x 6"	1,200
GRCC-348	3/4" x 8"	1,390
GRCC-3410	3/4" x 10"	1,620

DRIVING HEAD

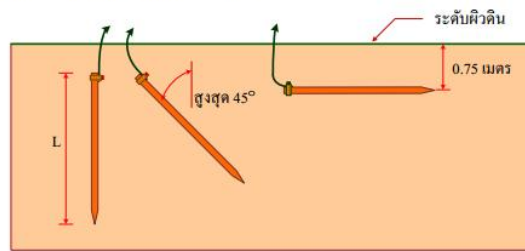
Code No.	Cable Size	Price (Bath)
GRCCDH16	5/8"	180
GRCCDH20	3/4"	240




192

วิธีการติดตั้งแท่งหลักดิน มีข้อแนะนำดังนี้

- สํารวจพื้นดินที่จะคอกหลักดินเพื่อให้แน่ใจว่าไม่มีวัตถุอื่นใดฝังอยู่ในดิน ตรงจุดที่จะคอกแท่งหลักดิน
- บริเวณที่จะคอกแท่งหลักดินควรเป็นดินที่เปียกชื้นจะดีกว่าดินที่แห้ง เพื่อให้ความต้านทานระหว่างหลักดินกับดินมีค่าต่ำ
- ขุดดินลงไปลึกประมาณ 30 เซนติเมตร ก่อนคอกแท่งหลักดินลงไป
- ทำความสะอาดแท่งหลักดินโดยใช้ผ้าสะอาด เพื่อให้สิ่งสกปรก โดยเฉพาะต้องไม่มีคราบไขมัน หรือสิ่งที่เป็นฉนวนมาเกาะติดบนผิวหลักดินนี้ แล้วใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ที่เหมาะสมในการคอกหลักดิน

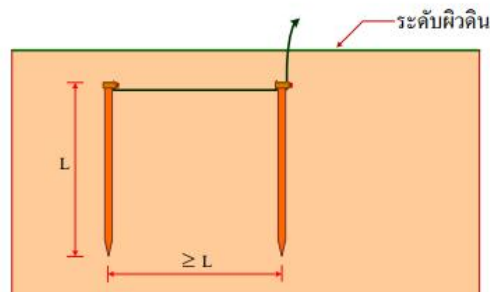


รูปที่ 4.2 การติดตั้งแท่งหลักดิน

RMUTL

193

ถ้าคอกแท่งหลักดิน 1 แท่งแล้ววัดความต้านทานหลักดินได้เกินค่าที่ต้องการ จะต้องคอกแท่งหลักดินขนานกับแท่งหลักดินเดิม และต่อฝากถึงกันดังรูปที่ 4.3 การคอกแท่งหลักดินเพิ่มถ้าคอกในแนวลึกจะต้องให้ระยะห่างระหว่างแท่งหลักดินไม่น้อยกว่าความยาวของแท่งหลักดิน การคอกแท่งหลักดินเพิ่มแล้วต่อฝากถึงกัน (ต่อขนานกัน) จะทำให้ค่าความต้านทานหลักดินลดลงตารางที่ 4.1 แสดงตัวคูณลดค่าความต้านทาน



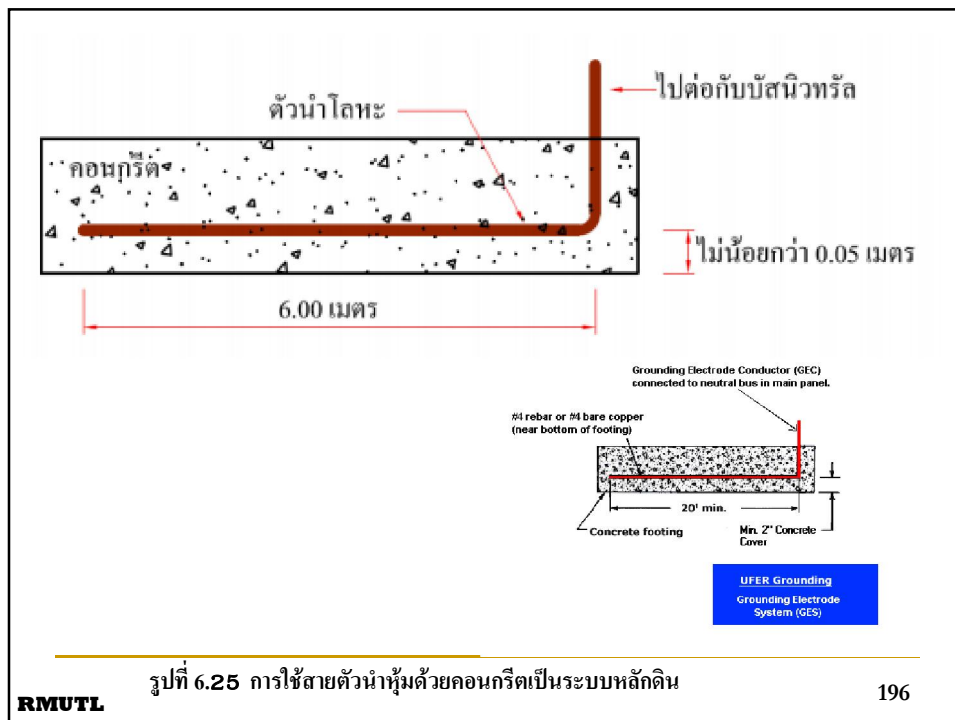
รูปที่ 4.3 แท่งหลักดินขนานกัน

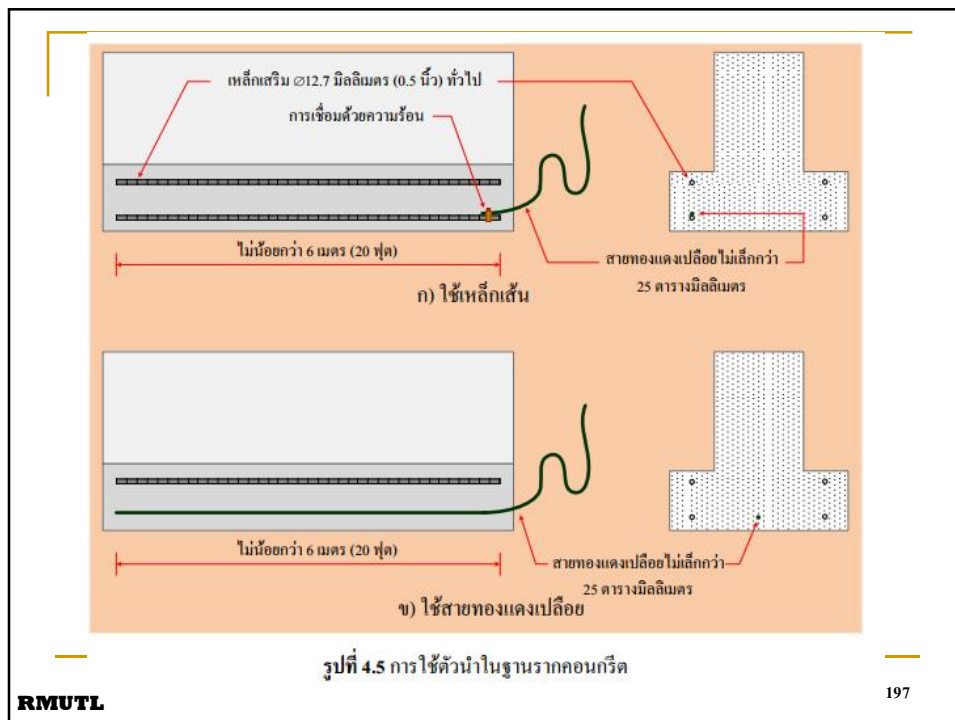
RMUTL

194

2. หลักรดินที่หุ้มด้วยคอนกรีต (Concrete Encased Electrode)

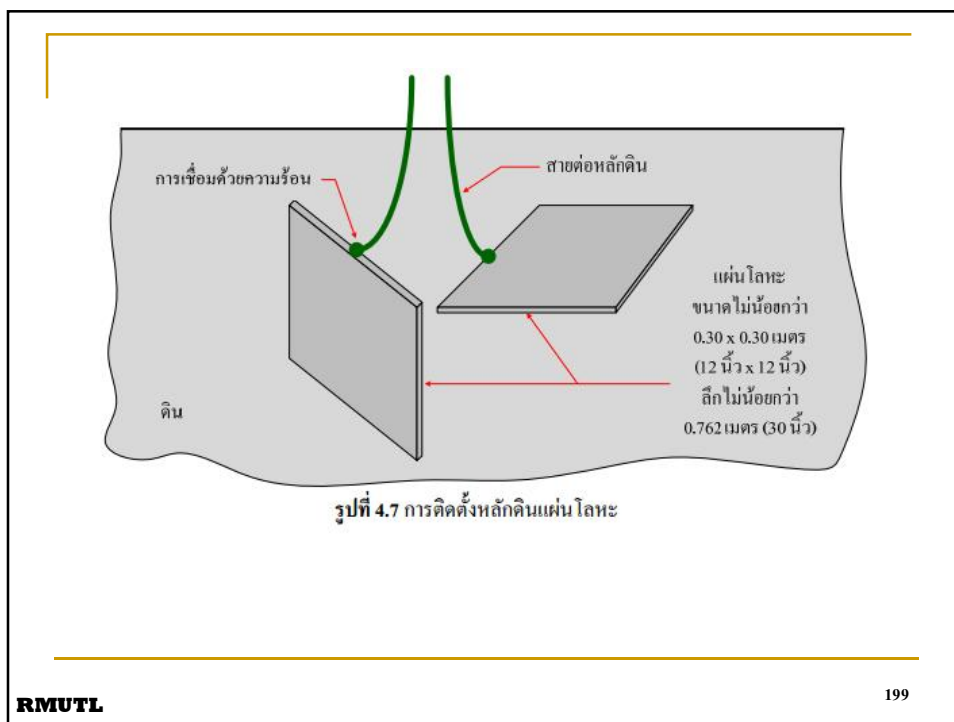
- คอนกรีตที่อยู่ต่ำกว่าระดับดินซึ่งมีความชื้นอยู่รอบๆ จะเป็นวัสดุตัวกึ่งนำไฟฟ้า (Semi-Conducting Medium) และมีความต้านทานจำเพาะประมาณ 30 $\times 10^8 \Omega \cdot \text{cm}$ ที่ 20 $^{\circ}\text{C}$ ซึ่งเป็นค่าที่ต่ำกว่าเกณฑ์เฉลี่ยของดิน
- ตัวนำไฟฟ้าหรือแท่งโลหะที่ฝังอยู่ในฐานรากคอนกรีต (Concrete Foundation) ที่มีเหล็กเสริม (Reinforcing Bar) เป็นหลักดินที่ดี
- ใช้เหล็กเส้นที่ฝังลึกลงในคอนกรีตไม่น้อยกว่า 2 นิ้ว (50 mm) มีความยาวไม่น้อยกว่า 20 ฟุต (6 m) และมีเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เล็กกว่า 12.7 mm





3. แผ่นโลหะ (Buried Plate)

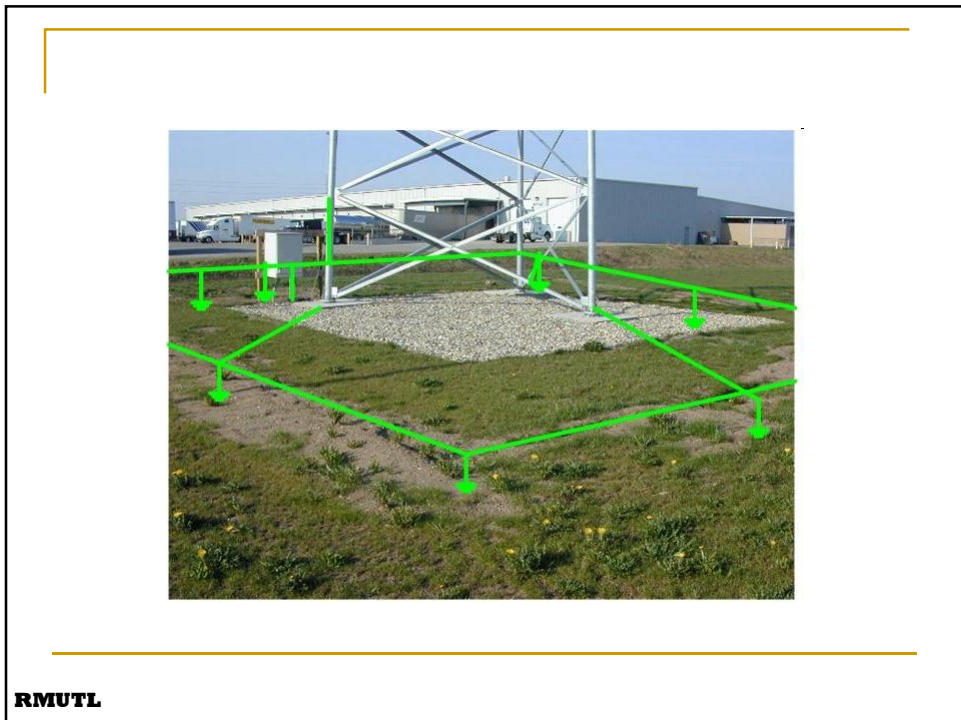
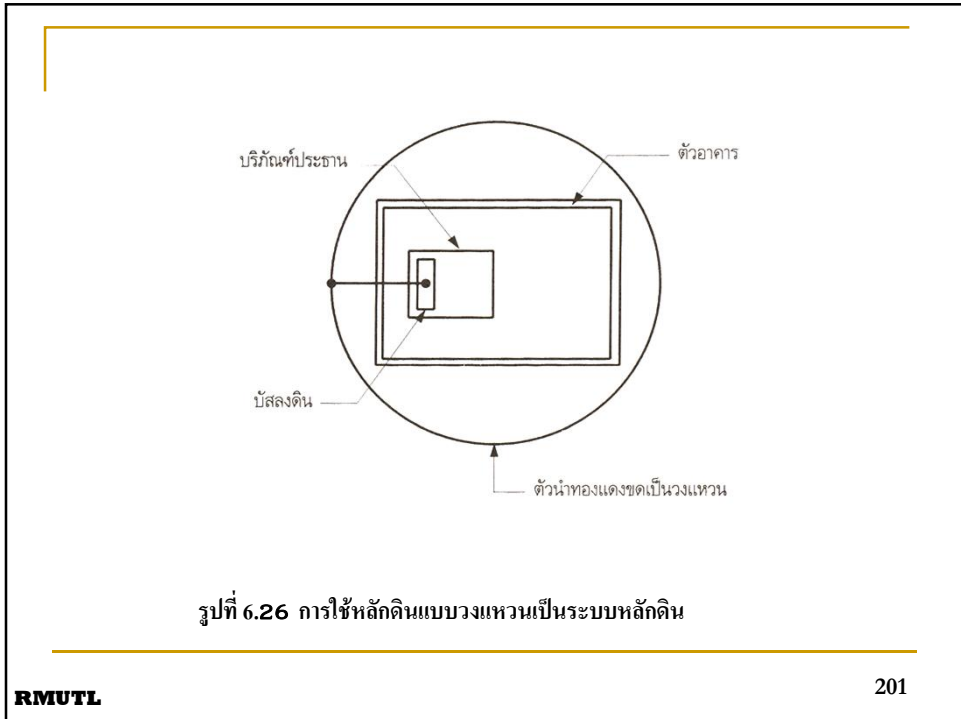
- ต้องเป็นชนิดกันการผุกร่อน
- มีพื้นที่สัมผัสไม่น้อยกว่า **0.18 m²**
- เหล็กอาบโลหะชนิดกันการผุกร่อนต้องหนา **ไม่น้อยกว่า 6 mm**
- โลหะกันการผุกร่อนชนิดอื่นที่ไม่ใช่เหล็กหนา **ไม่น้อยกว่า 1.5 mm**



4.หลักดินแบบวงแหวน (Ring)

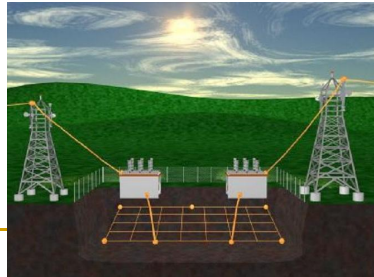
- ตัวนำทองแดงเปลือยยาวไม่น้อยกว่า 20 ฟุต (6 m) ขนาดไม่เล็กกว่า 35 mm² มาขดเป็นวงแหวน และฝังลึกลงดินไม่น้อยกว่า 2.5 ฟุต (0.76 m) ดังแสดงในรูปที่ 6.26





5. กริด (Grid)

- ใช้กับสถานีไฟฟ้าย่อย
- ครอบคลุมไปทั่วสถานีไฟฟ้า อาจเลยรั้วออกไป
- ตัวนำฝังลึกประมาณ 0.5 ฟุต (0.15 m)
- จัดเป็นรูปตาข่ายสี่เหลี่ยมขนาด 10-12 ฟุต (3.0-3.7)
- ใช้หินกรวดโรยทั่วบริเวณ เพื่อลดแรงดันช่วงก้าว (Step Voltage)

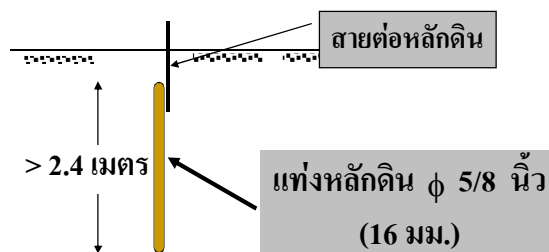


RMUTL

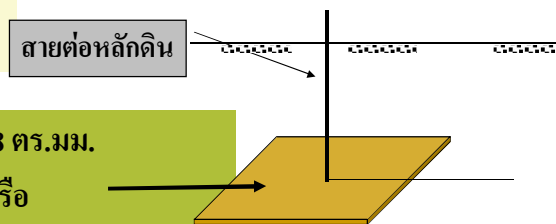
203

หลักดิน

- ✓ 1. แท่งหลักดิน
(ตามข้อ 2.4.1)



- ✓ 2. แผ่นหลักดิน
(ตามข้อ 2.4.2)



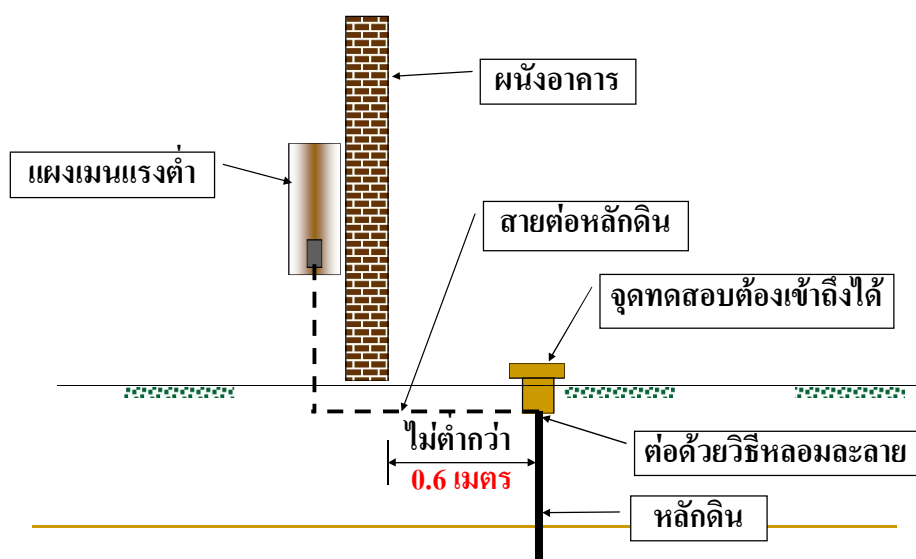
RM

หลักดิน(ต่อ)

- ✔ 2.4.4 ยอมให้ใช้อาคารที่มีโครงโลหะและมีการต่อลงดินอย่างถูกต้อง โดยมีค่าความต้านทานของการต่อลงดิน **ไม่เกิน 5 โอห์ม**
- ✘ 2.4.3 ห้ามใช้วัสดุที่เป็นอะลูมิเนียมหรือโลหะผสมอะลูมิเนียม เป็นหลักดิน

RMUTL

ตัวอย่างการต่อลงดินสำหรับอาคาร



RMUTL

ตำแหน่งและสภาพพื้นดินที่ใช้ หลักดินควรเป็นอย่างไร

- ตำแหน่งหลักดิน ไม่ควรอยู่ไกลจากตู้เมนสวิตช์มากนัก
- พื้นดินที่ใช้ปักหลักดินที่ดีควรเป็นดินแท้ ๆ ที่ไม่มีทรายหรือหินปูนอยู่ และไม่ควรมีอุปสรรค เช่น เสา ผนัง หรือแผ่นคอนกรีตในดินขวางกั้นการแพร่กระจายของประจุไฟฟ้าในพื้นดิน
- สภาพดินที่ชื้นจะดีกว่าดินที่แห้ง แต่ต้องไม่มีน้ำท่วมขัง

- หากสภาพพื้นดินไม่อำนวยอาจต้องใช้หลักดินมากกว่า 1 แท่ง และปักห่างกันเท่ากับความยาวของหลักดินแล้วต่อเชื่อมให้ถึงกัน

การคำนวณความต้านทานดิน

1. หลักดินแบบแทงดินตามแนวลึก (Deep Rod Earthing)

ความต้านทานดินของแท่งดินที่ฝังตามแนวลึกในเนื้อดินที่มีความสม่ำเสมอ จะคำนวณได้จากสูตร

$$R = \frac{\rho}{2\pi l} \left[\ln \left(\frac{4l}{r} \right) - 1 \right] \dots\dots\dots (6.2)$$

โดยที่

R คือ ความต้านทานดิน (Ω)

l คือ ความยาวของแท่งดิน (m)

r คือ รัศมีสมมูลของหลักดิน (m)

ρ คือ ความต้านทานเฉพาะของดิน (Ω -m)

In คือ Natural Logarithm

ตัวอย่างที่ 12 แท่งดินมีรัศมี (r) 8 mm ยาว 3 m

$\rho = 100 \Omega\text{m}$ จงหาความต้านทานของดิน

วิธีทำ

$$\ell = 3000 \text{ mm}$$

$$r = 8 \text{ mm}$$

$$\therefore R = \frac{100}{2\pi \times 3} \left[\ln \left(\frac{4 \times 3000}{8} \right) - 1 \right] = 33.5 \Omega$$

ถ้าเพิ่มรัศมีเป็น 2 เท่าคือ 16 mm

$$\therefore R = \frac{100}{2\pi \times 3} \left[\ln \left(\frac{4 \times 3000}{16} \right) - 1 \right] = 29.8 \Omega$$

RMUTL

209

ตัวอย่างที่ 12 (ต่อ)

จะเห็นได้ว่าการเพิ่มรัศมีเป็น 2 เท่า ซึ่งจะเพิ่มน้ำหนักเป็น

4 เท่า จะลดความต้านทานลงเพียง $\frac{33.5 - 29.8}{33.5} \times 100 = 11.0\%$

ถ้าเพิ่มความยาวเป็น 6 m

$$\therefore R = \frac{100}{2\pi \times 6} \left[\ln \left(\frac{4 \times 6000}{8} \right) - 1 \right] = 18.6 \Omega$$

จะเห็นได้ว่าการเพิ่มความยาวเป็น 2 เท่า ซึ่งจะเพิ่มน้ำหนักเป็น 2 เท่า สามารถลดความต้านทานลงได้

$$\frac{33.5 - 18.6}{33.5} \times 100 = 44.5\%$$

RMUTL

210

ตัวอย่างที่ 13 แท่งดินรัศมี (r) 12 mm มีความยาว 3 m
และถือว่าดินมีความต้านทานจำเพาะ $100 \Omega\text{m}$ สม่ำเสมอ
จงหาความต้านทานของดิน

วิธีทำ

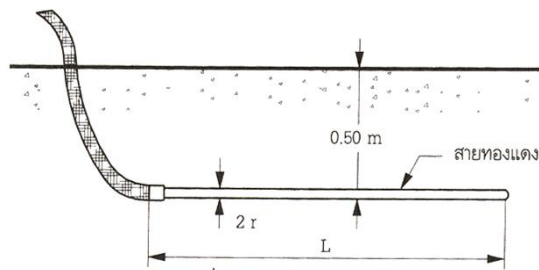
$$\begin{aligned} \ell &= 3000 \text{ mm} \\ r &= 12 \text{ mm} \\ \therefore R &= \frac{100}{2\pi \times 3} \left[\ln \left(\frac{4 \times 3000}{12} \right) - 1 \right] = 31.3 \Omega \end{aligned}$$

RMUTL

211

2. หลักรดินแบบวงแหวน

หลักรดินแบบวงแหวน โดยปกติจะฝังอยู่ที่ดินลึก **0.5 m** ดังแสดงในรูปที่ 6.27



รูปที่ 6.27 แท่งดินตามแนวผิวดิน

RMUTL

212

เนื่องจากหลักดินชนิดนี้ได้รับผลกระทบจากสภาพอากาศอย่างมาก ดังนั้นเมื่อต้องการวัดความต้านทานดินของ หลักดิน จะคิดเสมือนว่าหลักดินนี้ติดตั้งอยู่ที่ผิวดิน คือ ไม่คำนึงถึงระยะความลึกที่ฝังหลักดิน ซึ่งสามารถคำนวณ ความต้านทานดินของระบบแบบนี้ได้จากสูตร

$$R = \frac{\rho}{\pi l} \left[\ln \left(\frac{2l}{r} \right) - 1 \right] \quad \dots\dots\dots (6.3)$$

ตัวอย่างที่ 14 แท่งดินรัศมี (r) 10 mm มีความยาว 20 m ฝังในผิวดินตามแนวระดับ และถือว่าดินมีความต้านทาน จำเพาะ 100 $\Omega \cdot m$ จงหาความต้านทานของดิน

วิธีทำ

$$l = 20000 \text{ mm.}$$

$$r = 10 \text{ mm.}$$

$$\therefore R = \frac{100}{\pi \times 20} \left[\ln \left(\frac{40000}{10} \right) - 1 \right] = 11.6 \Omega$$

หลักดินตามมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้า

สำหรับประเทศไทยของ ว.ส.ท.

หลักดินตามมาตรฐานของ ว.ส.ท. มี

1. แท่งดิน (Ground Rod)
2. แผ่นตัวนำ (Buried Plate)
3. อาคารที่เป็นโครงโลหะ และการต่อลงดินอย่างถูกต้อง โดยมีค่าต้านทานของการต่อลงดินไม่เกิน **5 โอห์ม**
4. หลักดินชนิดอื่นๆ ต้องได้รับความเห็นชอบจากการไฟฟ้า

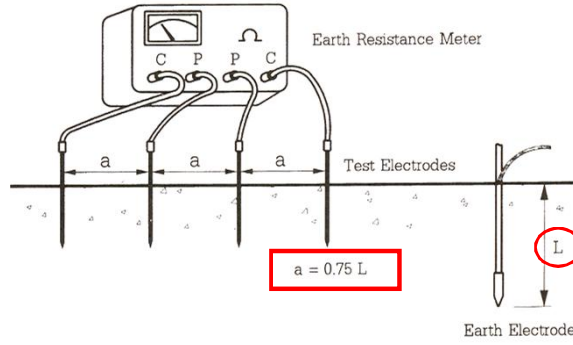
การวัดความต้านทานจำเพาะของดิน

(Measurement of Soil Resistivity)

- ใช้วิธีของ **เวนเนอร์ (Wenner)** โดยอาศัยหลักการการปรับเทียบแรงดันของ Bridge Meter
- เครื่องวัดชนิดนี้เรียกว่า " **Earth Resistance Meter** "
- ประกอบด้วยขั้วออก 4 ขั้ว พร้อมกับ
- อิเล็กโตรดช่วยอีก 4 ตัว อิเล็กโตรดจะถูกตอกลงดินในแนวตั้งด้วยระยะห่าง " a " เท่าๆ กัน ลึกประมาณ 0.3-0.5 m

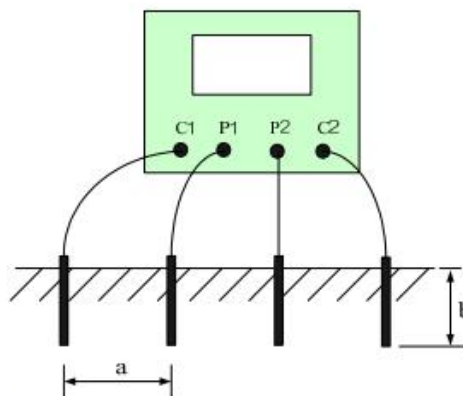
$$\rho = 2\pi a R \quad (\Omega .m)$$

ระยะห่าง " a " เพิ่มขึ้น กระแสทดสอบจะไหลทะลุไปตามชั้นของ ดินที่อยู่ลึกกว่า ดังนั้น ค่าความต้านทานจำเพาะที่วัดได้ อาจจะเพิ่มขึ้นหรือ ลดลงก็ได้ ขึ้นอยู่กับค่าความต้านทาน จำเพาะของดินของชั้นที่กระแสนั้น ไหลผ่าน



รูปที่ 6.28 แสดงวิธีการวัดความต้านทานจำเพาะของดิน โดยใช้ Earth Resistance Meter ใน ดินที่ไม่มีการแบ่งเป็นชั้น ความต้านทานจำเพาะของดินจะไม่ขึ้นอยู่กักระยะห่าง " a " ดังนั้นถ้าต้องการวัดที่ความลึก 1 ระยะห่างระหว่างโพรบ (Probe)

ควรเป็น $a = 0.75L$

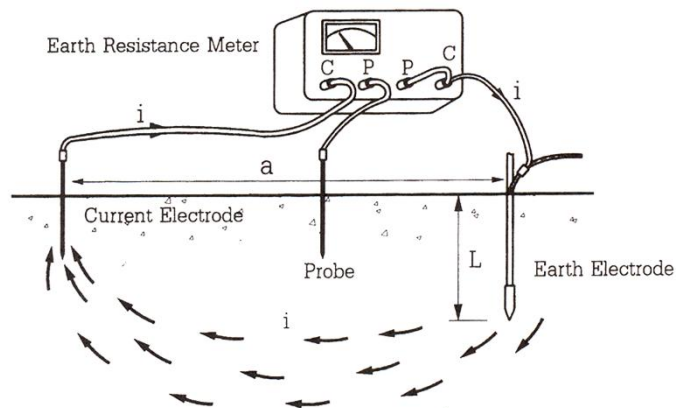


รูปที่ 6.1 การวัดค่าความต้านทานจำเพาะของดินแบบสี่จุด

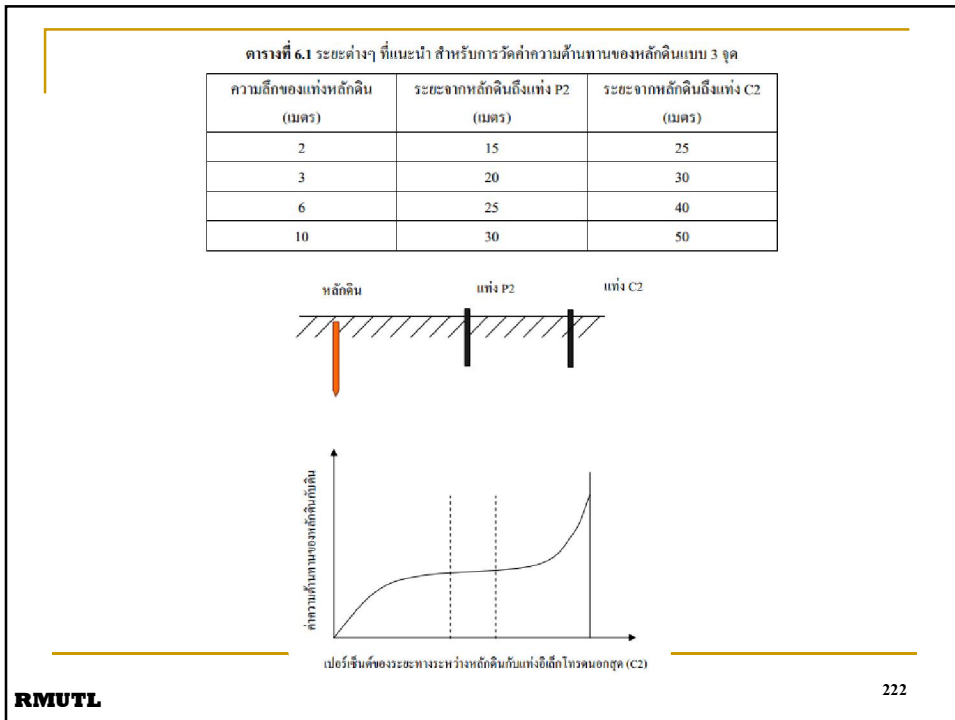
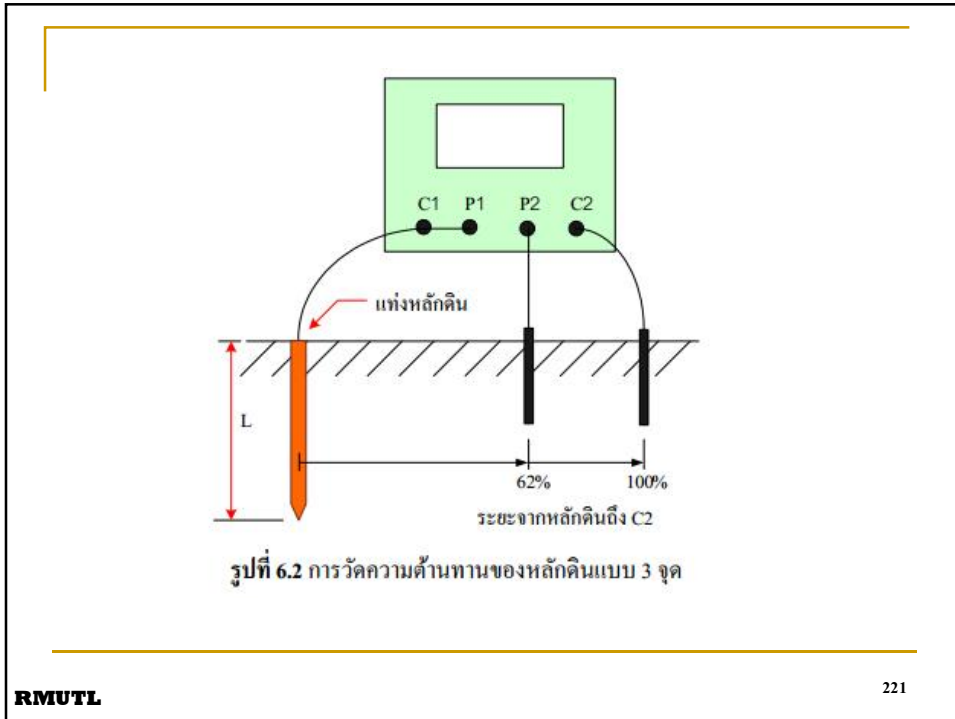
การวัดความต้านทานดินของหลักดิน

(Measurement of Earth Resistance)

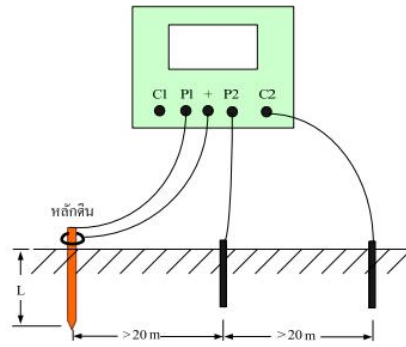
- เครื่องวัดความต้านทานดินจะเป็นชนิดเดียวกันกับเครื่องวัดความต้านทานจำเพาะของดิน
- ความถูกต้องขึ้นอยู่กับความสามารถในการไหลของกระแสทดสอบและ ลักษณะการวาง Current Electrode
- เมื่อทำการวัดในดินที่มีความต้านทานจำเพาะสูง (มากกว่า $100 \Omega.m$) ต้องลดความต้านทานที่ Current Electrode ลง
- เพื่อเพิ่มกระแสทดสอบ โดยการนำ Current Electrode หลายๆ ตัวมาต่อขนานกัน
- ทำให้ดินบริเวณ Current Electrode เปียกชื้นขณะที่กำลังทำการวัดได้ เมื่อทำให้การไหลของกระแสทดสอบเป็นไปด้วยดีแล้ว เราก็สามารถอ่านค่าความต้านทานได้จากมิเตอร์โดยตรง



รูปที่ 6.29 แสดงตำแหน่งการวาง Current Electrode และ Probe เพื่อทำการวัดความต้านทานดินของหลักดิน



สำหรับเครื่องวัดปัจจุบัน สามารถทำการวัดค่าความต้านทานของหลักดินกับดินด้วยวิธีที่หลากหลาย มีขั้นตอนการทดสอบแตกต่างกันไปตามผู้ผลิตเครื่องวัดนั้น เช่น วิธี Selective ที่ใช้หลักการแรงดันตกของศักย์เช่นเดียวกับวิธีวัดแบบ 3 จุด แต่มีการใช้แคลมป์ช่วยในการวัดค่ากระแสที่ไหลผ่านหลักดินที่ทดสอบ ข้อดีของวิธีการนี้คือ ไม่ต้องปลงระบบการต่อลงดินจากระบบไฟฟ้าปกติ ทำให้ลดขั้นตอนในการทดสอบ ดังรูปที่ 6.4

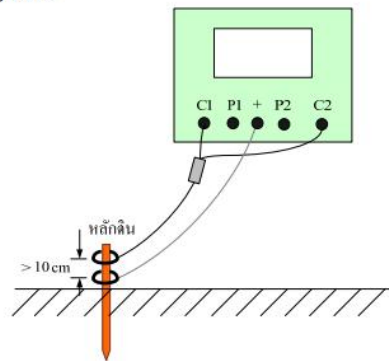


รูปที่ 6.4 การวัดความต้านทานดินแบบ Selective

RMUTL

223

อีกวิธีการหนึ่งคือ วิธี Stakeless โดยไม่ต้องมีการปักแท่งทดสอบ แต่จะใช้แคลมป์จำนวน 2 แคลมป์ในการทดสอบ ซึ่งสะดวกในการทดสอบและไม่จำเป็นต้องปลงระบบการต่อลงดินออกจากระบบไฟฟ้าปกติ ดังรูปที่ 6.5

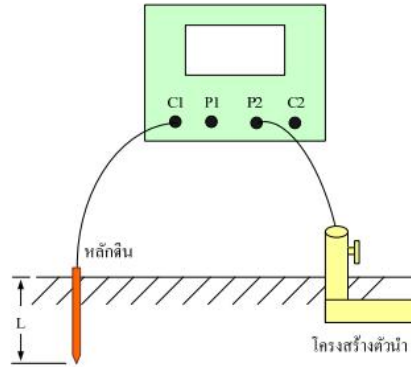


รูปที่ 6.5 การวัดความต้านทานดินแบบ Stakeless

RMUTL

224

อีกวิธีการหนึ่งคือ วิธีแบบ 2 จุด โดยจะใช้โครงสร้างที่เป็นตัวนำของช่วยในการวัดค่า ซึ่งมีความสะดวกในการทดสอบ แต่ต้องคำนึงถึง โครงสร้างตัวนำอื่นที่อยู่ข้างเคียงบริเวณนั้นอาจทำให้ค่าการวัดผิดเพี้ยนได้ ดังรูปที่ 6.6



รูปที่ 6.6 การวัดความต้านทานดินแบบ 2 จุด

ตารางที่ 6.2 การเปรียบเทียบวิธีการวัดค่าความต้านทานของหลักดินกับดิน

วิธี	ข้อดี	ข้อเสีย
วิธีแรงดันตกของสัทธิไฟฟ้า	<ul style="list-style-type: none"> - เป็นวิธีที่ยอมรับทั่วไป - สามารถพิจารณาจากเส้นกราฟ 	<ul style="list-style-type: none"> - ต้องทำการปลดระบบการต่อลงดินออกจากระบบไฟฟ้า - แห่งทดสอบอาจไม่สามารถจ่ายกระแสได้ - อาจไม่มีพื้นที่พอสำหรับการทดสอบ
วิธี Selective	<ul style="list-style-type: none"> - ไม่จำเป็นต้องปลดระบบการต่อลงดินออกจากระบบไฟฟ้า - เป็นวิธีที่ยอมรับทั่วไป - สามารถพิจารณาจากเส้นกราฟ 	<ul style="list-style-type: none"> - แห่งทดสอบอาจไม่สามารถจ่ายกระแสได้ - อาจไม่มีพื้นที่พอสำหรับการทดสอบ
วิธี Stakeless	<ul style="list-style-type: none"> - สะดวก 	<ul style="list-style-type: none"> - ต้องตั้งสมมติฐานว่ามี อิมพีแดนซ์ต่ำ - มีข้อผิดพลาดจากการอ่านได้ง่าย
วิธีแบบ 2 จุด	<ul style="list-style-type: none"> - สะดวก 	<ul style="list-style-type: none"> - หากที่จะพิจารณาว่าโครงสร้างตัวนำที่นำมาใช้สามารถใช้งานได้จริง - อาจมีผลกระทบจาก โครงสร้างตัวนำที่อยู่ข้างเคียงทำให้การวัดค่าผิดพลาด

6.5.2 การวัดกระแสไฟฟ้าที่สายต่อหลักดิน

โดยปกติแล้ว ที่สายต่อหลักดินจะต้องไม่มีกระแสไฟฟ้าไหล ดังนั้นการวัดกระแสไฟฟ้าด้วยแอมป์มิเตอร์แบบแคลมป์ ค่าที่อ่านได้ควรมีค่าใกล้เคียงศูนย์

6.5.3 การวัดค่าแรงดันไฟฟ้าที่สายดิน

ปกติแรงดันไฟฟ้าที่สายดินควรมีค่าประมาณศูนย์โวลต์ เนื่องจากสายดินเชื่อมถึงกันและต่อลงดินที่บริษัทประชาชน การวัดสามารถทำได้ดังนี้

- ใช้ไขควงวัดไฟ เพื่อตรวจสอบเบื้องต้นว่าตัวนำต่อลงดินนั้นมีแรงดันไฟฟ้าอยู่หรือไม่
- ใช้โวลต์มิเตอร์ เพื่อใช้วัดค่าความต่างศักย์ระหว่างสายดินและสายนิวทรัล ค่าที่ได้ควรเป็นศูนย์โวลต์

หากมีแรงดันไฟฟ้าอยู่ อาจมีข้อบกพร่องในระบบไฟฟ้า ให้ทำการตรวจสอบจุดเชื่อมต่อต่างๆ เพื่อทำการแก้ไขอย่างระมัดระวัง เช่น หากค่าแรงดันที่สายดินมีค่าใกล้เคียงกับสายเส้นไฟอาจมีสาเหตุจาก คอสายผิด มีจุดที่สายดินสัมผัสกับสายเส้นไฟ หรือมีกระแสรั่วมาที่สายดิน

6.5.4 การตรวจสอบความต่อเนื่องกันทางไฟฟ้า

การตรวจสอบความต่อเนื่องกันทางไฟฟ้าเป็นการทดสอบด้วยโอห์มมิเตอร์ซึ่งจะต้องทำขณะที่ไม่มีกระแสไฟฟ้าจ่ายในวงจร ซึ่งถ้าการต่อฝากมีความต่อเนื่องกันทางไฟฟ้าแล้ว ค่าความต้านทานจะมีค่าต่ำมาก สามารถนำกระแสไฟฟ้าได้ดี ค่าความต้านทานระหว่างจุดต่อฝากไม่ควรมากกว่า 1 มิลลิโอห์ม

6.5.4 การวัดค่าอิมพีแดนซ์วงรอบผิดพร้อมลงดิน

ปัจจัยที่สำคัญอย่างหนึ่งที่ทำให้เครื่องป้องกันกระแสเกินทำงานโดยปลดวงจรเมื่อมีกระแสลัดวงจรระหว่างสายไฟฟ้าหรือลัดวงจรลงดิน คือค่าอิมพีแดนซ์ของวงจรสายดิน ซึ่งมีองค์ประกอบของสายประธาน บริษัทประชาชน สายป้อน และวงจรย่อย ถึงจุดผิดพร้อมวนกลับไปยังหม้อแปลงไฟฟ้าผ่านสายดินและนิวทรัล หากติดตั้งแล้วและอิมพีแดนซ์ของวงจรสายดินมีค่าสูงเกินไป อุปกรณ์ป้องกันอาจไม่ทำงานทันเวลาที่กำหนด



RMUTL

ข้อพิจารณาในการวัดความต้านทานดิน

- Current Electrode และ Probe ต้องตอกใน แนวตั้งและอยู่ในแนวเดียวกันกับ Earth Electrode
- ถ้าดินมีลักษณะการแบ่งเป็นชั้น จะต้องทำการวัดซ้ำ โดยเปลี่ยนระยะห่างของ Electrode แล้วเลือกใช้ค่าที่มากกว่า
- ความเชื่อถือได้ของเครื่องมือวัดจะขึ้นอยู่กับตำแหน่งของ External Current Probe และ Probe

RMUTL

230

ค่าระยะห่างที่ให้ไว้ข้างล่างนี้ ตามปกติแล้วจะให้ผลการวัดที่ถูกต้อง เป็นที่ยอมรับได้

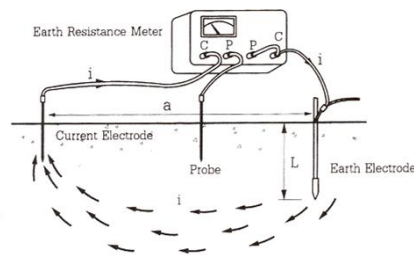
Earth Electrode - Current Electrode = a

Earth Electrode - Probe = **0.6 a**

i) a \geq 40 m ถ้า L \leq 4 m

ii) a \geq 10.1 m ถ้า L > 4 m

หรือ a ต้องไม่น้อยกว่า 40 m นั้นเอง



RMUTL

231

9 ความต้านทานระหว่างหลักดินกับดิน

(Resistance to Ground)

- มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทยของ ว.ส.ท. ได้กำหนดค่าความต้านทานของหลักดินต้องไม่เกิน 5 Ω
- สำหรับพื้นที่ที่ยากในการปฏิบัติ ถ้าความต้านทานของหลักดิน เกิน 5 Ω และทางกรไฟฟ้าเห็นชอบ อาจกำหนดให้มีค่าไม่เกิน 25 Ω ได้
- ถ้าในการวัดได้ค่าความต้านทานดินสูงกว่า 25 Ω ทางแก้ไขให้ปักหลักดินเพิ่มอีก 1 แห่ง

RMUTL

232

สายดินและการต่อลงดิน



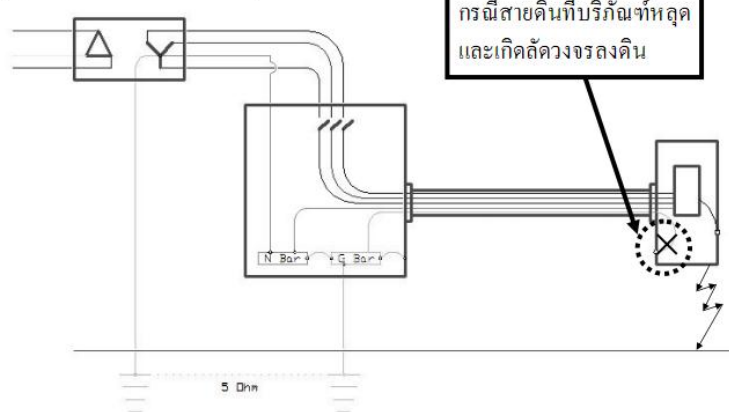
ความต้านทานดิน

ค่าความต้านทานระหว่างหลักดิน

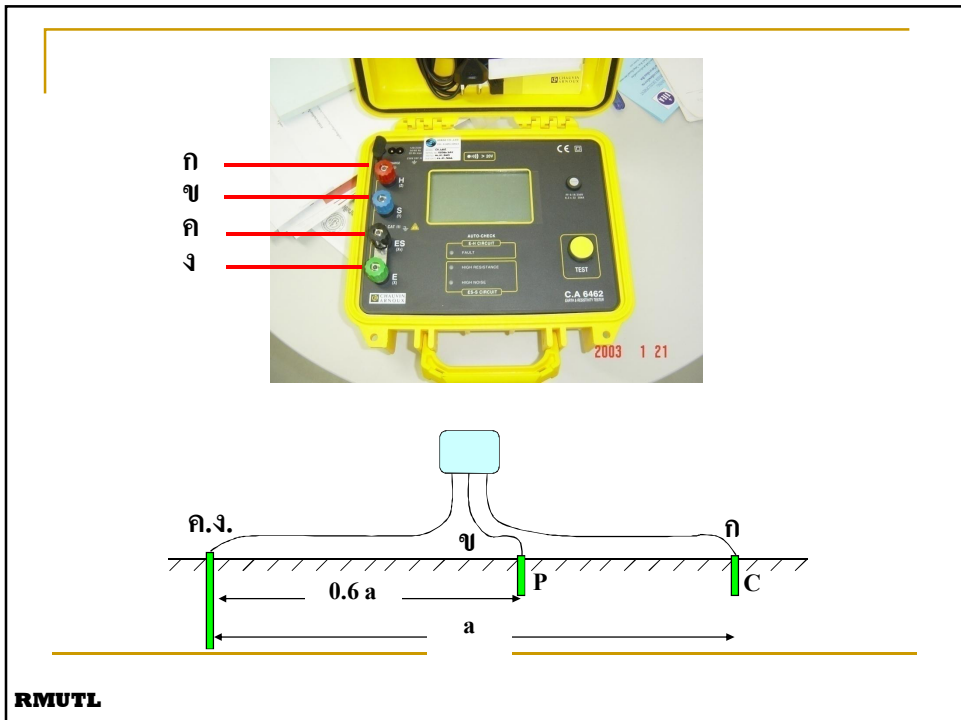
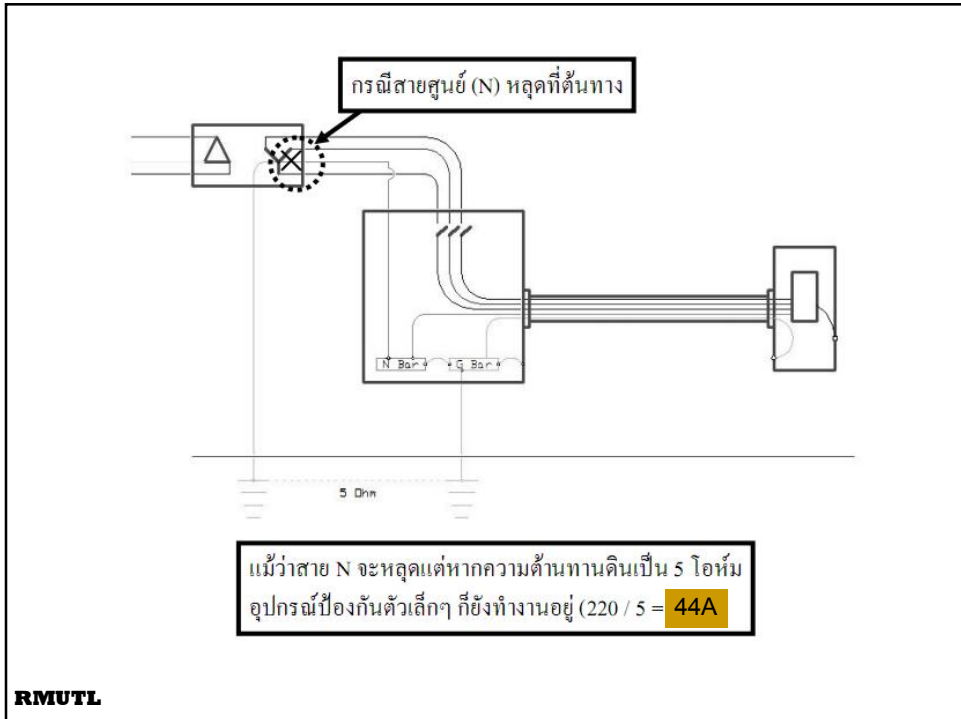
กับดินต้องไม่เกิน **5** โอห์ม

⚡ พื้นที่ยากในทางปฏิบัติ ยอมให้ ค่าความต้านทาน
ระหว่างหลักดินกับดินต้องไม่เกิน **25** โอห์ม

ทำไมต้อง 5 โอห์ม ?



หากสายดินหลุดและมีคนมาสัมผัส ถ้าความต้านทานดินเป็น 5 โอห์ม
อุปกรณ์ป้องกันตัวเล็กๆ ก็ยังทำงานอยู่ ($220 / 5 = 44 \text{ A}$)



ปัญหา

ได้ทำการติดตั้งระบบสายดินและหลักดินไปเสร็จเรียบร้อยแล้ว
แต่วัดค่าดินแล้วได้ค่าเกินกว่ามาตรฐานกำหนด จะทำอย่างไร

ทางแก้

การลดค่าความต้านทานของการต่อลงดิน

การลดค่าความต้านทานของการต่อลงดิน

กรณีพบว่าค่าความต้านทานของการต่อลงดินสูงกว่าที่กำหนด จำเป็นต้องหาวิธีลดความต้านทานลง อาจใช้วิธีการเพิ่มความนำจำเพาะของดินหรือเพิ่มพื้นที่สัมผัสดินของหลักดิน ซึ่งแต่ละวิธีจะมีข้อจำกัดในการใช้งานจึงต้องเลือกใช้ให้เหมาะสม ในประเทศไทยอุณหภูมิส่วนใหญ่สูงกว่าศูนย์องศา การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิมีผลกระทบไม่มากนัก อาจตัดทิ้งไปได้ ยกเว้นบางสถานที่ที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าปกติเช่น ยอดเขาสูง การลดความต้านทานดินทำได้หลายวิธีดังนี้

การลดค่าความต้านทานของการต่อลงดิน

1. โดยการปรับปรุงสภาพดิน
2. โดยการปรับปรุงหลักดิน
 - โดยการเพิ่มความยาวหลักดิน
 - โดยการเพิ่มขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางหลักดิน
 - โดยการเพิ่มจำนวนหลักดิน

1.การปรับปรุงสภาพดิน

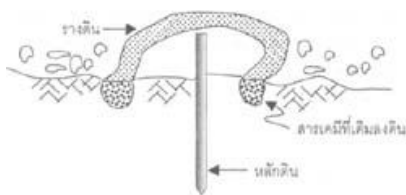
การลดค่าความต้านทานโดยการปรับปรุงสภาพดิน วิธีนี้จะใช้ในสถานที่ ที่มีความต้านทานจำเพาะของดินสูงมาก โดยการเพิ่มสารเคมีประเภทเกลือลงในดินเช่น Sodium Chloride , Copper Sulfate และ Magnesium Sulfate โดย Magnesium Sulfate เป็นสารที่ก่อให้เกิดการกัดกร่อน น้อยที่สุด



วิธีเพิ่มสารเกลือลงในดิน

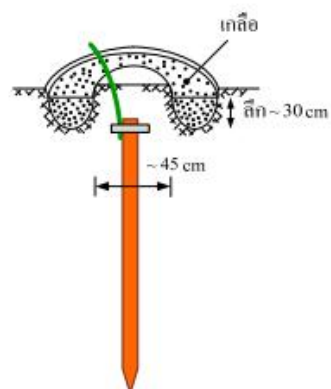
1.1. วิธีขุดราง

โดยการขุดดินเป็นรางรอบๆ หลักดิน มีลักษณะเหมือนขนมโดนัท ลึกประมาณ 30 เซนติเมตร ระยะห่างระหว่างรางดิน กับ หลักดินประมาณ 45 เซนติเมตร และเทสารเกลือลงไปในเรื่องที่ขุดไว้ ข้อดีของวิธีนี้คือเกลือจะไม่สัมผัสกับหลักดินโดยตรง ช่วยลดการกัดกร่อนได้ดี



RMUTL

241



รูปที่ 7.1 การลดค่าความต้านทานโดยการขุดรางแล้วเติมเกลือ

RMUTL

242

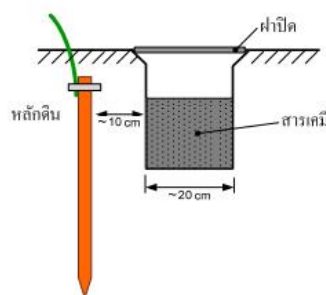
1.2. วิธีกลับทับ

โดยการขุดหน้าดินบริเวณด้านบนของหลักดินออกแล้วเทสาร
เกลือลงไป ทำให้เกลือสัมผัสกับหลักดินโดยตรงแล้วกลับดินทับ วิธีนี้
จะมีการ**กักความร้อน**สูงกว่าวิธีแรก

1.3. วิธีใช้กระบอบบรรจุสารเคมี

โดยการใช้กระบอบบรรจุสารเคมีที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง
ประมาณ **8 นิ้ว** ยาวประมาณ **16 นิ้ว** ฝังห่างจากหลักดินประมาณ
4-6 นิ้ว รูปร่างของกระบอบอาจแตกต่างกันไปตามแต่ผู้ผลิตกำหนด
เมื่อสารเคมีลดลงสามารถเปิดฝาเพื่อเติมสารเคมีได้ วิธีนี้จะเห็นผลช้า
กว่า **2** วิธีแรกแต่จะให้ประสิทธิผลยาวนานกว่า

(3) วิธีใส่เกลือลงในกระบอบ ฝังกระบอบห่างจากหลักดินประมาณ 10 – 15 เซนติเมตร เติม
สารเคมีลงในกระบอบ สารเคมีจะค่อยๆ กระจายออกมา ดังรูปที่ 7.2 โดยที่วิธีการนี้จะใช้ระยะเวลา
เห็นผลที่นานกว่าและมีประสิทธิภาพที่ดีกว่าสองวิธีแรก

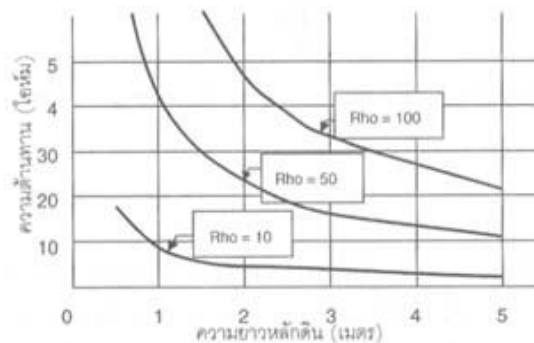


รูปที่ 7.2 การลดค่าความต้านทาน โดยการใช้สารเคมีฝังกระบอบ

2. โดยการปรับปรุงหลักดิน ด้วยการเพิ่มพื้นที่สัมผัสดิน เช่น เปลี่ยนรูปร่าง ขนาด และเพิ่มจำนวนหลักดิน

2.1 โดยการเพิ่มความยาวหลักดิน

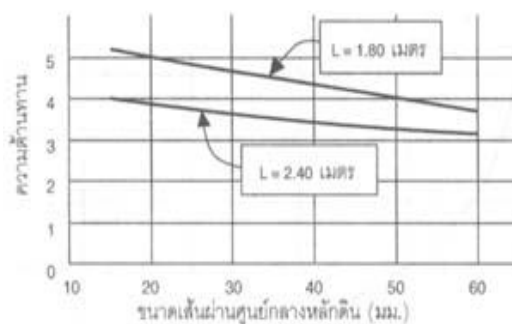
เป็นวิธีที่ใช้กันทั่วไปในทางปฏิบัติ แต่ไม่สามารถใช้ได้ในทุกกรณี **เพราะเมื่อหลักดินยาวมาก ๆ การติดตั้งจะทำได้ยาก** ที่ใช้ทั่วไปจึงมีความยาวไม่เกิน **3 เมตร** การเพิ่มความยาวหลักดินถึงแม้จะทำให้ความต้านทานลดลง แต่ก็ลดลงในอัตราส่วน ที่ลดลงเมื่อเทียบกับความยาวของหลักดินที่เพิ่มขึ้น



จากรูป เป็นค่าความต้านทานที่เปลี่ยนแปลงตามความยาวหลักดินของแท่งหลักดินขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง **16 มิลลิเมตร** เมื่อสมมุติให้ความต้านทานจำเพาะของดินเป็นแบบสม่ำเสมอ (**Rho = ความต้านทานจำเพาะของดิน หน่วยเป็น โอห์ม-เมตร**)

2.2 โดยการเพิ่มขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางหลักดิน

เป็นอีกวิธีหนึ่งในการเพิ่มพื้นที่สัมพัสดิน แต่วิธีนี้จะทำให้ความต้านทาน **ลดลงเพียงเล็กน้อย**เท่านั้น ดังรูปเป็นตัวอย่าง แสดงความสัมพันธ์ของความต้านทานที่ลดลงเมื่อเพิ่มขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางหลักดิน ที่ค่าความต้านทานจำเพาะของดิน **10** โอห์ม-เมตร (**L** เป็นความยาวของหลักดิน แสดงไว้ **2** ขนาดคือ **1.80** เมตรและ **2.40** เมตร)



แต่เนื่องจากความต้านทานลดลงน้อยมาก
ในทางปฏิบัติจึง**ไม่นิยม**ลดความต้านทานด้วยวิธีนี้

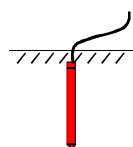
2.3 โดยการเพิ่มจำนวนหลักดิน

ทำได้หลายแบบเช่นการวางหลักดินให้เรียงกันเป็นแนวยาว , วางเป็นรูปสามเหลี่ยม (ใช้หลักดิน 3 แท่ง) หรือวางเป็นรูปสี่เหลี่ยม แต่วิธีนี้มีข้อจำกัดสำหรับดินที่มีความต้านทานจำเพาะสูงมาก ๆ เพราะเมื่อจำนวนหลักดินเกิน 5 แท่ง ความต้านทานจะลดลง ในอัตราส่วนที่น้อยมาก

ในทางปฏิบัติเป็นวิธีที่นิยมใช้กันมากที่สุด

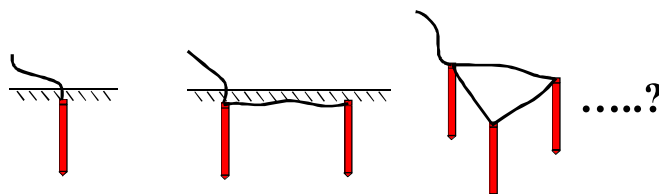
RMUTL

249



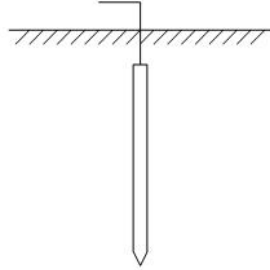
วัดความต้านทานดินได้ 12 โอห์ม ต้องการให้ลดลงเหลือ 5 โอห์ม จะทำอย่างไรดี?

ปักเพิ่มที่ไหน และจำนวนเท่าใด?



RMUTL

หากวัดความต้านทานดินได้ 12 โอห์ม ต้องการให้ลดเหลือ 5 โอห์ม จะทำอย่างไรดี ?



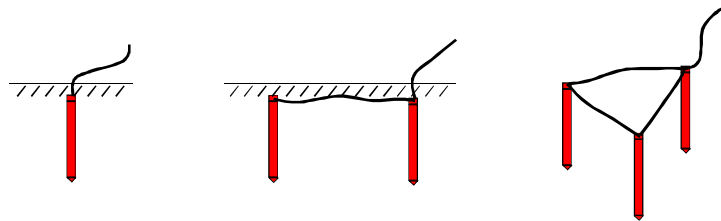
- จะปักเพิ่มจำนวนเท่าใด ?
- จะปักเพิ่มรูปแบบใด ?
- จะต้องวางห่างกันเท่าไร ?

ตอบ ให้ใช้ข้อมูลจากตารางข้างล่างนี้
และให้วางห่างจากหลักเดิมอย่างน้อยยาวเท่า Rod

จำนวนอิเล็กโทรดขนานกัน	K
2	0.58
3	0.42
5	0.25
10	0.13

RMUTL

251



จำนวนอิเล็กโทรดขนานกัน	k
2	0.58
3	0.42
4	0.34
5	0.28

RMUTL

ตารางที่ 4.1 ตัวคูณลดค่าความต้านทานของหลักดินต่อขนานกัน
(สำหรับแท่งหลักดินยาว 2.40 เมตร การดกกลี 3 เมตร และมีระยะห่าง 3 เมตร)

จำนวนแท่งหลักดิน	ตัวคูณลด
2	0.58
3	0.42
4	0.34
5	0.28
6	0.24
7	0.22
8	0.19
9	0.18
10	0.16

RMUTL

253

ตัวอย่าง

วัดความต้านทานดินได้ 12 โอห์ม ต้องการให้ลดเหลือ 5 โอห์ม
จะต้องปัก Rod เพิ่มอีกเท่าใดและต้องปักรูปแบบใด

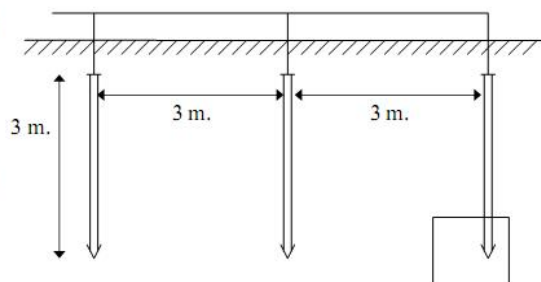
วิธีทำ

จากของเดิม ปัก 1 Rod วัดความต้านทาน
ได้ 12 โอห์ม

จำนวนอิเล็กโทรดขนานกัน	K
2	0.58
3	0.42
5	0.25
10	0.13

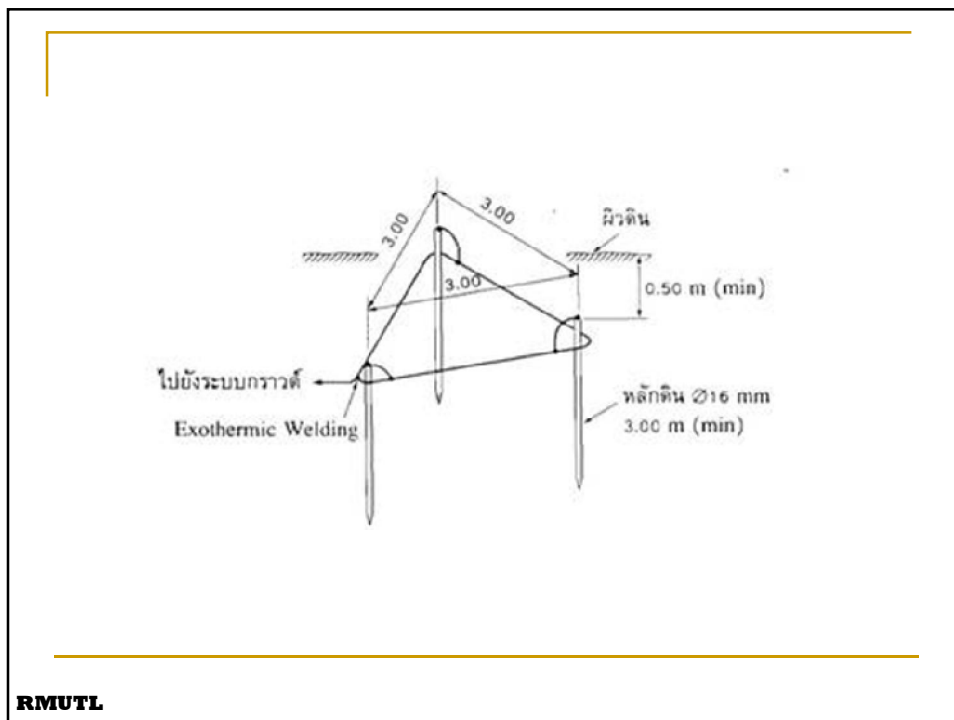
ถ้าปักเพิ่มอีก 1 Rod เป็น 2 Rod
ความต้านทานลดลงเหลือ
 $= 12 \times 0.58 = 6.96$ โอห์ม

ถ้าปักเพิ่มอีก 2 Rod เป็น 3 Rod
ความต้านทานลดลงเหลือ
 $= 12 \times 0.42 = 5.04$ โอห์ม



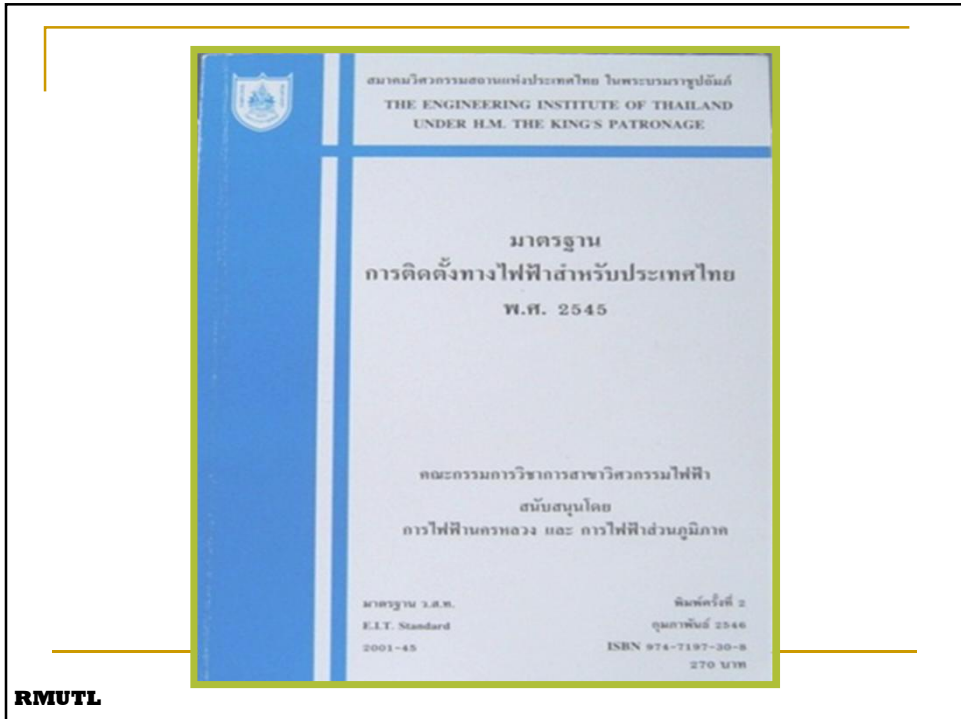
RMUTL

254



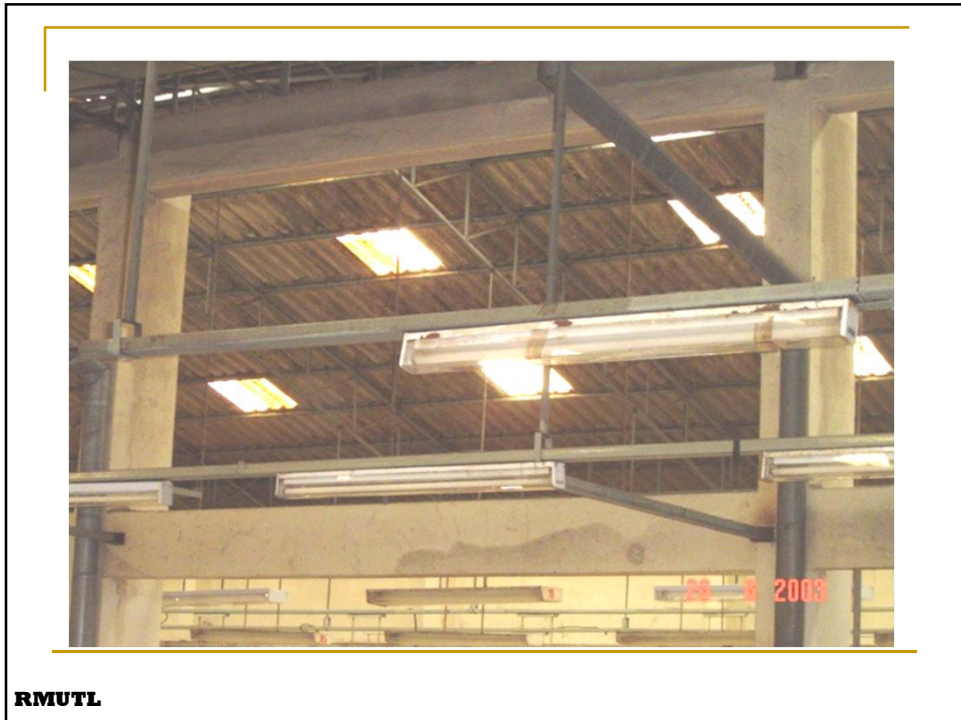
เครื่องใช้ไฟฟ้าใด ที่ต้องมีระบบสายดิน

เครื่องใช้ไฟฟ้าที่จำเป็นต้องมีสายดิน ได้แก่ เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มักมีไฟรั่วได้ง่าย มีส่วนภายนอกที่เป็นโลหะหรือเกี่ยวข้องกับน้ำ หรือความร้อน เช่น ตู้เย็น เตารีด เครื่องซักผ้า หม้อหุงข้าว เครื่องปรับอากาศ กะทะไฟฟ้า ตู้แช่ เต้าไฟฟ้า เต้าไมโครเวฟ กระติกน้ำร้อน เครื่องทำน้ำร้อน/อุ่น เครื่องบั้งขนมปัง เป็นต้น เครื่องใช้ไฟฟ้าประเภทนี้ เรียกว่า เป็น เครื่องใช้ไฟฟ้าประเภท 1





RMUTL



RMUTL



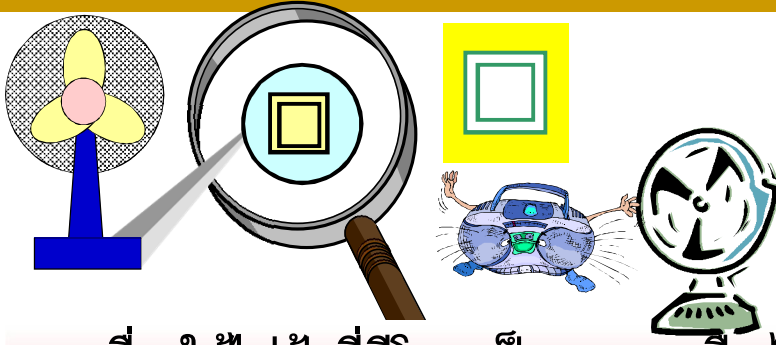
RMUTL

261




RMUTL

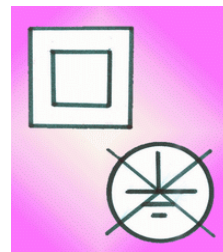
เครื่องใช้ไฟฟ้าใด ที่ไม่ต้องมีระบบสายดิน



เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีโครงเป็นฉนวน หรือ ไม่
เกี่ยวข้องกับน้ำ เช่น พัดลม ทีวี

RM

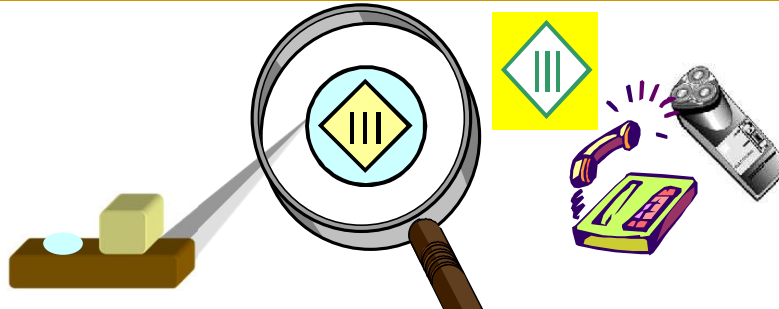
เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ไม่จำเป็นต้องมี-
สายดิน ได้แก่ เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีการหุ้ม-
ด้วยฉนวนไฟฟ้าที่มีความหนาเป็น 2 เท่า-
ของเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต้องมีสายดินจึงมัก-
เรียกว่าเป็น เครื่องใช้ไฟฟ้าประเภท 2
หรือประเภทฉนวน 2 ชั้น โดยมีสัญลักษณ์-
เป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสซ้อนกัน 2 ชั้น ปรา-
กฏบริเวณหน้าปัทม์ของเครื่อง □ บาง
ครั้งก็มีสัญลักษณ์ 



RMUTL

264

เครื่องใช้ไฟฟ้าใด ที่ไม่ต้องมีระบบสายดิน



เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีแรงดันต่ำกว่า 50 โวลต์ เช่น
โทรศัพท์ เครื่องโกนหนวดไฟฟ้า

RM

วงจรและระบบไฟฟ้ากระแสสลับที่ห้ามต่อลงดิน

มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย กำหนดให้วงจรและระบบไฟฟ้าที่ห้ามต่อลงดินมีดังนี้

→ “วงจรของบั้นจั่นที่ใช้งานอยู่เหนือวัสดุเส้นใยที่อาจลุกไหม้ได้ ซึ่งอยู่ในบริเวณอันตราย” เพราะการต่อลงดินอาจเกิดประกายไฟจากการลัดวงจรลงดิน และประกายไฟอาจเป็นสาเหตุให้เกิดการลุกไหม้

→ “วงจรในสถานที่ดูแลสุขภาพ (health care facilities)” ในบางพื้นที่ของโรงพยาบาล ซึ่งต้องใช้ระบบไฟฟ้าที่ไม่ต่อลงดิน เช่น ห้องผ่าตัด โดยปกติระบบนี้จะจ่ายไฟผ่านหม้อแปลงชนิดแยกขดลวด ดังแสดงในข้อ 3.8 การต่อลงดินของระบบที่มีตัวจ่ายแยกต่างหาก

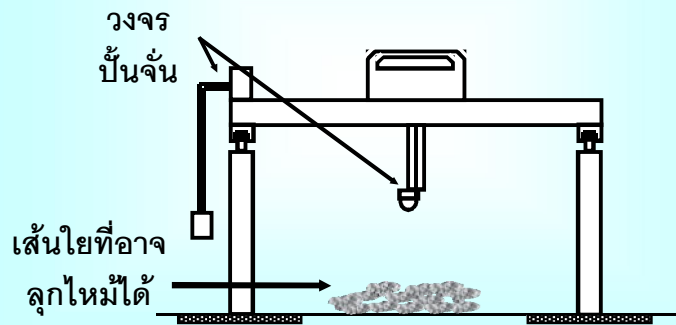
ระบบไฟฟ้าที่ห้ามต่อลงดินนี้ บริษัทฯไฟฟ้าของระบบไฟฟ้างกล่าวยังคงต้องต่อลงดินเพื่อความปลอดภัย

RMUTL

266

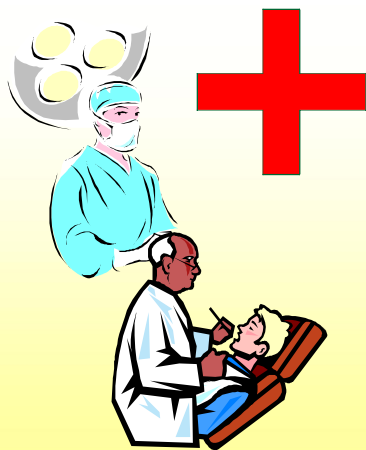
วงจรและระบบไฟฟ้าที่ห้ามต่อลงดิน

วงจรของปั้นจั่นที่ใช้งานอยู่เหนือ
วัสดุเส้นใยที่อาจลุกไหม้ได้



RMUTL


วงจรและระบบไฟฟ้าที่ห้ามต่อลงดิน



วงจรที่กำหนดให้ใช้
สำหรับสิ่งอำนวยความสะดวก
เพื่อความสะดวกรักษาสุขภาพ



RMUTL

ตัวอย่างของเครื่องใช้ไฟฟ้าอีก-
ประเภทหนึ่ง ได้แก่ วิทยุ โทรทัศน์ พัดลม
 เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีเครื่องใช้ไฟฟ้าอีก-
ประเภทหนึ่งที่ไม่ต้องมีสายดิน ได้แก่เครื่อง-
ใช้ไฟฟ้าที่ใช้แรงดันไม่เกิน 50 โวลต์ เช่น
เครื่องโกนหนวดไฟฟ้า โทรศัพท์ เป็นต้น
เครื่องใช้ไฟฟ้าประเภทนี้เรียกว่า เครื่องใช้-
ไฟฟ้าประเภทที่ 3 โดยมีสัญลักษณ์ 

คำถาม

**เราจะตรวจสอบได้อย่างไรว่า-
เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีอยู่ไม่ปลอดภัย-
หรือต้องมีสายดิน**

หากเป็นเครื่องใช้ไฟฟ้าประเภท
1 ตามที่กล่าวมาแล้ว ควรติดตั้งสายดินทุก-
เครื่องไม่ว่าเป็นเครื่องใช้ประเภทใด จะมี-
สายดินอยู่แล้วหรือไม่ ให้ทดลองเสียบปลั๊ก-
เปิดเครื่อง ๆ แล้วทดสอบด้วยไขควงลอง-
ไฟกับส่วนที่เป็นโลหะ จากนั้นกลับขั้วปลั๊ก-
แล้วทดสอบอีกครั้ง หากมีไฟรั่วไม่ว่ากรณี-
ใด (มีไฟแดงที่ไขควง) จะถือว่าไม่ปลอดภัย
และต้องมีการแก้ไขปรับปรุงให้มีสายดิน-
หรือไม่ให้มีไฟรั่วเกิดขึ้น

เราจะทำสายดินให้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ผู้ผลิตมิได้ต่อสายดินไว้ด้วยตนเองได้อย่างไร

1. ควรปรึกษาผู้ผลิต หรือช่างที่ชำนาญและมีเครื่องมือทดสอบเป็นการเฉพาะซึ่งจะต้องทดสอบให้เป็นไปตามมาตรฐานสากล เช่น

- ทดสอบความต่อเนื่องของสายดินกับจุดต่อสายดินในขณะที่มีกระแสลัดวงจรลงสายดิน

- ทดสอบระดับฉนวนระหว่างสายดินกับสายศูนย์และสายเส้นที่มีไฟ

- ปลั๊กที่ใช้กับเต้ารับต้องเป็นมาตรฐานเดียวกัน และต่อขั้วให้ถูกต้องตามมาตรฐานนั้น

2. ถ้าเครื่องเป็นเครื่องใช้ประเภท 2 หรือ 3 ก็ไม่ต้องต่อสายดิน ยกเว้นว่าจะมีไฟรั่ว ซึ่งต้องมีการซ่อมแก้ไข

3. ถ้าต่อสายดินในเครื่องจากผู้ผลิตแล้วขาดเพียงแต่หัวปลั๊กไฟ ก็ให้ใช้หัวปลั๊กชนิดเดียวกันกับเต้ารับ พร้อมต่อขั้วให้ถูกต้อง

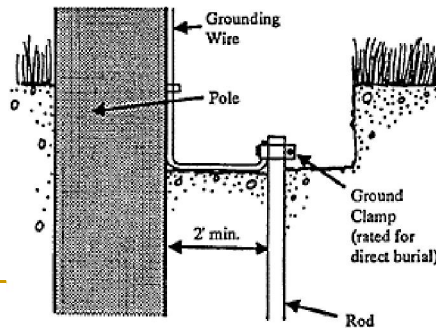
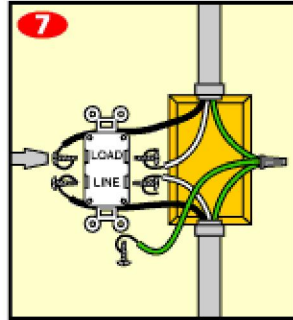
สัญลักษณ์และสีของสายดิน

- เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต้องมีสายดินมักจะมีสัญลักษณ์ \perp ไว้ที่ตัวเครื่องบริเวณที่ตำแหน่งที่ใช้ต่อสายดิน บางครั้งก็จะมีสีเขียวแต่มีอยู่ด้วย

- สีที่ใช้สำหรับสายไฟเส้นที่เป็นสายดิน จะใช้ฉนวนสายที่เป็นสีเขียวหรือเป็นแถบสีเหลืองสลับกับแถบสีเขียว (เส้นไฟ = สีดำ, เส้นศูนย์ = สีเทา)

สีของสายดิน

สายสีเขียว หรือ
เขียวสลับเหลือง



RMUTL

การกำหนดเครื่องหมายของสายดินของบริษัทไฟฟ้า (ข้อ 4.14.4.2)



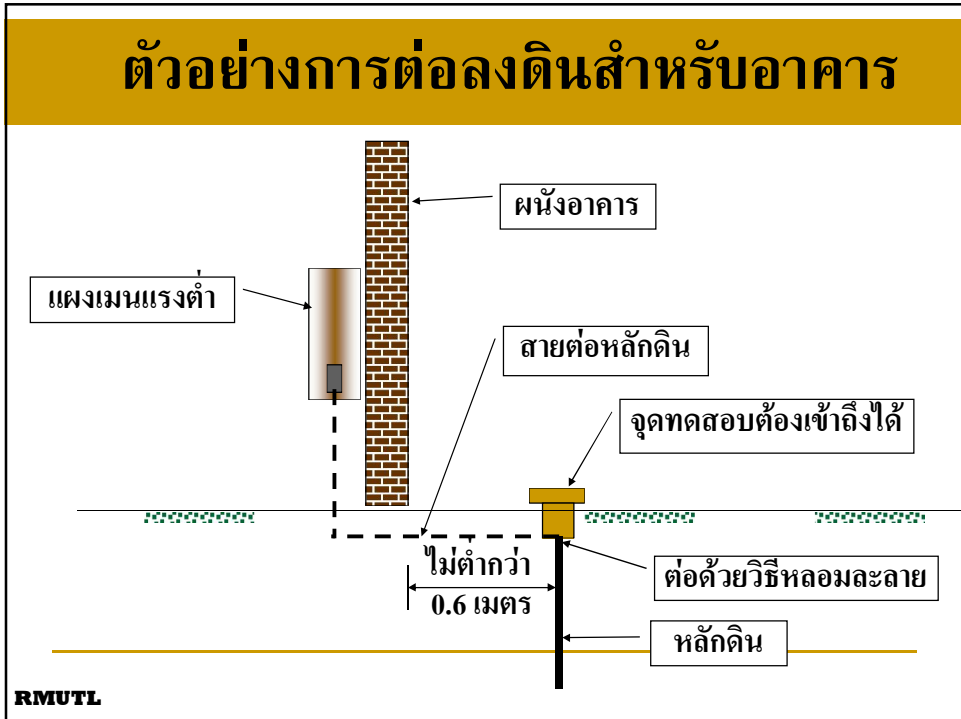
สายหุ้มฉนวนขนาดเล็ก
น้อยกว่า 10 ตร.มม.

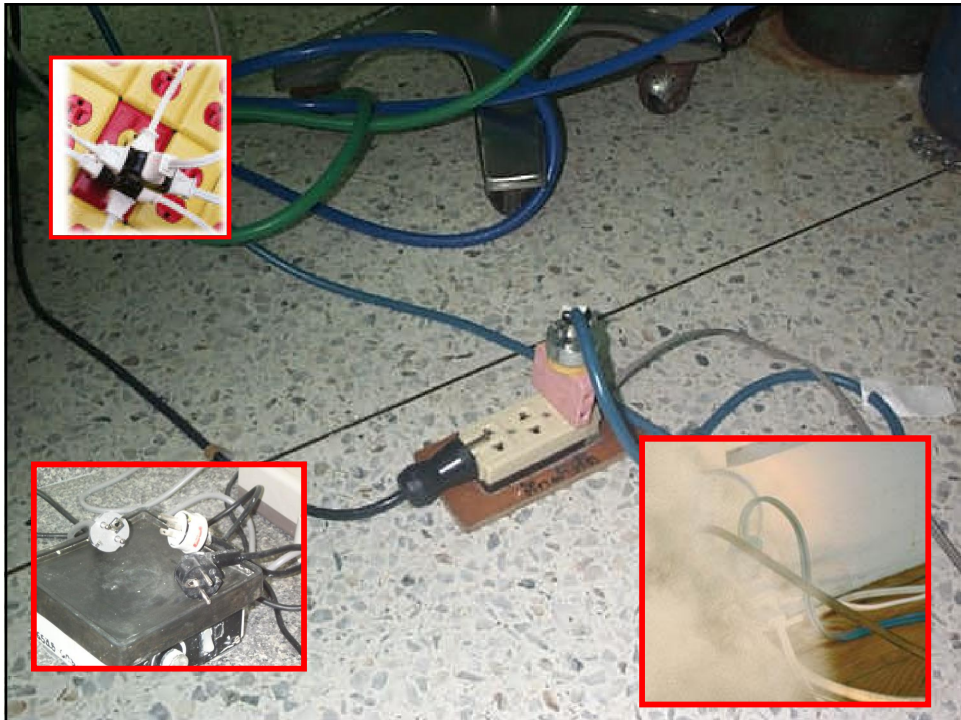
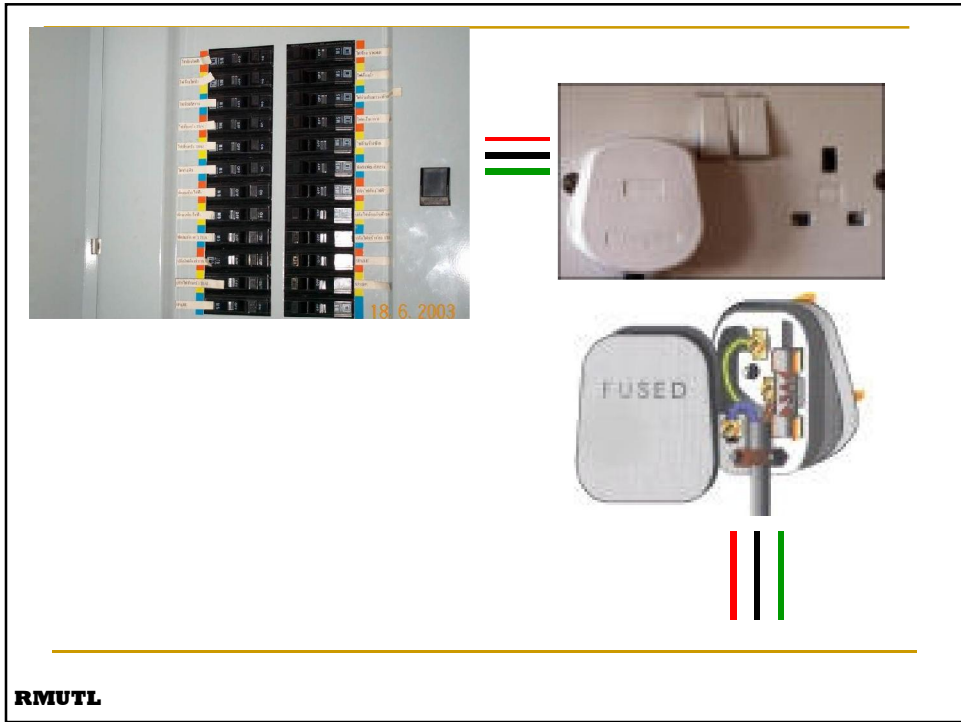


สายหุ้มฉนวนขนาดใหญ่
กว่า 10 ตร.มม.
ที่ปลายสายและทุกจุดที่
เข้าถึงได้เช่น กล่องต่อสาย

RMUTL

274





เครื่องตัดไฟรั่ว (RCD)

1. เครื่องตัดไฟรั่ว คืออะไร

เครื่องตัดไฟรั่วหรือที่รู้จักกันว่า “เครื่องกันไฟดูด” นั้นคือ เครื่องตัดไฟฟ้า-อัตโนมัติที่จะทำงานตัดไฟเมื่อกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านเข้าและกลับออกจากเครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีค่าไม่เท่ากัน (นั่นคือ มีกระแสไฟฟ้าบางส่วนรั่วหายไป)

2. เครื่องตัดไฟรั่วมีประโยชน์อย่างไร

- ใช้สำหรับตัดไฟเมื่อมีไฟรั่วเกิดขึ้นกับวงจรไฟฟ้าและอุปกรณ์ไฟฟ้า (ป้องกันอัคคีภัย)
- ใช้สำหรับตัดไฟเมื่อมีไฟรั่วไหลผ่านร่างกาย (ป้องกันไฟดูด)

3. เครื่องตัดไฟรั่วมีกี่ประเภท อะไรบ้าง

เครื่องตัดไฟรั่วมีอยู่หลายประเภทขึ้นอยู่กับคุณสมบัติการทำงานในที่นี่จะกำหนดเป็นประเภทใหญ่ ๆ 2 ประเภทคือ

1. เครื่องตัดไฟรั่วชนิดที่สามารถตัดกระแสลัดวงจรได้ (RCBO)

- เครื่องชนิดนี้สามารถใช้งานได้โดยอิสระตัดได้ทั้งไฟรั่วและกระแสลัดวงจร

2. เครื่องตัดไฟรั่วชนิดที่ไม่สามารถตัดกระแสลัดวงจรได้ (RCCB)

- ต้องใช้ร่วมกับฟิวส์หรือเครื่องตัดกระแสลัดวงจรช่วยเสริมในกรณีที่ต้องตัดกระแสลัดวงจรด้วย

Residual Current Devices

RCD (Residual Current Device) : เป็นอุปกรณ์ป้องกันไฟดูด รุ่น PFIM และ PFDM ทำหน้าที่ตัดวงจรไฟฟ้าเมื่อเกิดกระแสไฟฟ้ารั่วเกินที่กักที่กำหนด ตามเปิดเปิด สิต้า มีปุ่มลิวเอียงสำหรับทดสอบการทำงาน มีแบบ 2 Pole และ 4 Pole ออกแบบมาตรฐาน IEC/EN 61008 ขนาดพิกัดไฟรั่ว 10 mA, 30 mA, 100 mA, 300 mA. ให้เลือกใช้งาน



RCBO (Electronic Combined RCD/MCB Devices) : เป็นอุปกรณ์ป้องกันไฟดูด พร้อมเซอร์กิตเบรกเกอร์ในตัว ทำหน้าที่ตัดง ไฟฟ้า เมื่อเกิดไฟฟ้ารั่ว, กระแสลัดวงจร และเมื่อมีการใช้ กระแสไฟฟ้า เกินพิกัดของเบรกเกอร์ ตามปิด/เปิด มีสีตามขนาดพิกัดของกระแสเบรกเกอร์ มีทั้งแบบ 1 Pole และ 2 Pole ออกแบบตามมาตรฐาน IEC/EN 61009

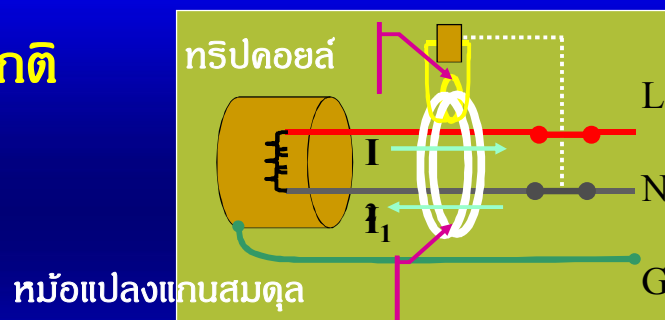


RMUTL

281

หลักการทำงานของเครื่องตัดไฟรั่ว

สภาวะปกติ



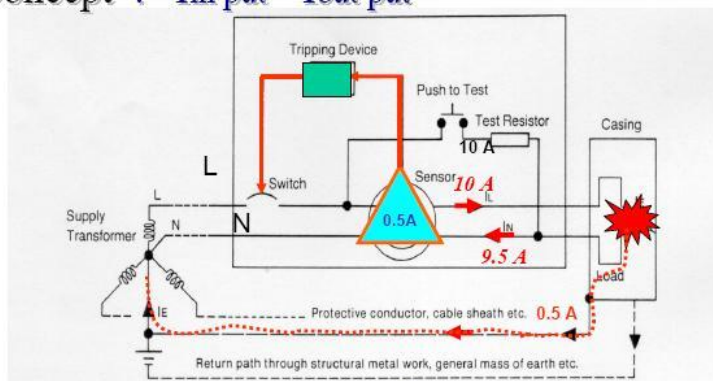
กระแสไหลเข้าเท่ากับกระแสไหลออก ($I_1 = I_2$)
ไม่มีกระแสไหลในทรูปดอยล์

RMUTL



เครื่องตัดไฟรั่ว

Concept : $I_{in} = I_{out}$



มาตรฐานขีดจำกัดขนาดกระแสไฟรั่วสำหรับประเทศไทย = 30 mA
และมีระยะเวลาในการตัดวงจร ไม่เกิน 40 msec. (0.04 วินาที)

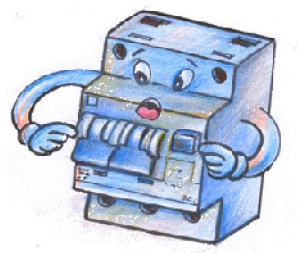
RMUTL

283

4. เครื่องตัดไฟรั่วกับสายดินอย่างไหนจะดีกว่ากัน

- สายดิน เป็นความจำเป็นอันดับแรกที่ใช้ไฟฟ้าจะต้องมีสำหรับป้องกันไฟฟ้าดูด เพื่อให้กระแสไฟรั่วไหลลงสายดิน โดยไม่ผ่านร่างกาย (ไฟไม่ดูด)
- เครื่องตัดไฟรั่ว เมื่อใช้กับระบบไฟที่มีสายดิน จะต้องเป็นมาตรการเสริม เพื่อให้มีการตัดไฟรั่วก่อนที่จะเป็นอันตรายกับระบบไฟฟ้าหรือมนุษย์
- เครื่องตัดไฟรั่ว ในระบบไฟที่ไม่มีสายดิน จะทำงานก็ต่อเมื่อมีไฟรั่วไหลผ่านร่างกายแล้ว (ต้องถูกไฟดูดก่อน) ดังนั้นความปลอดภัยจึงขึ้นอยู่กับความไวในการตัดกระแสไฟฟ้า

- ระบบไฟฟ้าที่ดีจึงต้องมีทั้งระบบสายดินและเครื่องตัดไฟรั่ว เพื่อความปลอดภัยทั้งจากอัคคีภัยและการถูกไฟฟ้าดูด



RMUTL

284

5. เครื่องตัดไฟรั่วชนิดที่ใช้สำหรับป้องกันไฟดูดควรมีคุณสมบัติอย่างไรและใช้งานอย่างไร

1. ขนาดกระแสไฟฟ้ารั่วที่กำหนด ต้องไม่เกิน 30 mA (มิลลิแอมป์)
2. ระยะเวลาในการตัดกระแสไฟรั่ว ต้องไม่เกิน 0.04 วินาทีที่ไฟรั่ว 5 เท่า
3. เครื่องตัดไฟรั่วต้องไม่ตัดไฟเมื่อมีไฟรั่วเพียงครั้งหนึ่ง
4. ควรติดตั้งเพื่อใช้ป้องกันอันตรายเฉพาะจุด ไม่ควรติดตั้งไว้ที่เมนสวิตช์ เช่น ให้ติดตั้งใน
 - วงจรเต้ารับที่เดินสายไฟไปใช้งานภายนอก

- วงจรเต้ารับที่ใช้ในห้องครัว / ห้องน้ำ / ห้องที่มีเด็ก ๆ
- วงจรย่อยที่ต้องการความปลอดภัยอื่น ๆ



ปริมาณกระแสไฟฟ้า	ผลกระทบที่มีต่อร่างกาย
1 mA หรือน้อยกว่า	ไม่มีผลกระทบต่อร่างกาย
มากกว่า 5 mA	ทำให้เกิดการช็อก และเกิดความเจ็บปวด
มากกว่า 15 mA	กล้ามเนื้อบริเวณที่ถูกกระแสไฟฟ้าดูดเกิดการหดตัว และร่างกายจะเกิดการเกร็ง
มากกว่า 30 mA	การหายใจติดขัด และสามารถทำให้หมดสติได้
50 ถึง 200 mA	ขาดเลือดไปเลี้ยงหัวใจ และอาจจะเสียชีวิตได้ภายในเวลาไม่กี่วินาที
มากกว่า 200 mA	มีรอยไหม้บริเวณผิวหนังที่ถูกไฟฟ้าดูดและหัวใจหยุดเต้นภายในเวลาไม่กี่วินาที
ตั้งแต่ 1A ขึ้นไป	ผิวหนังบริเวณที่ถูกกระแสไฟฟ้าดูดถูกทำลายอย่างถาวร และหัวใจจะหยุดเต้นภายในเวลาไม่กี่วินาที

6. เครื่องตัดไฟรั่วชนิดที่ป้องกัน- อัคคีภัย ควรเลือกใช้ขนาดอย่างไร

1. ควรเลือกใช้ขนาด 100 mA หรือ 300 mA หากมีกระแสไฟรั่วโดยธรรมชาติมากอาจใช้ขนาด 500 mA ก็ได้
2. การติดตั้งไว้ที่แผงรวมหรือเมนสวิตช์ และควรเลือกชนิดที่มีการหน่วงเวลา (Type S) หากมีการใช้ร่วมกับพวกขนาด 30 mA ในวงจรย่อยเพื่อหลีกเลี่ยงการทำงานพร้อมกันทั้ง 2 ตัว

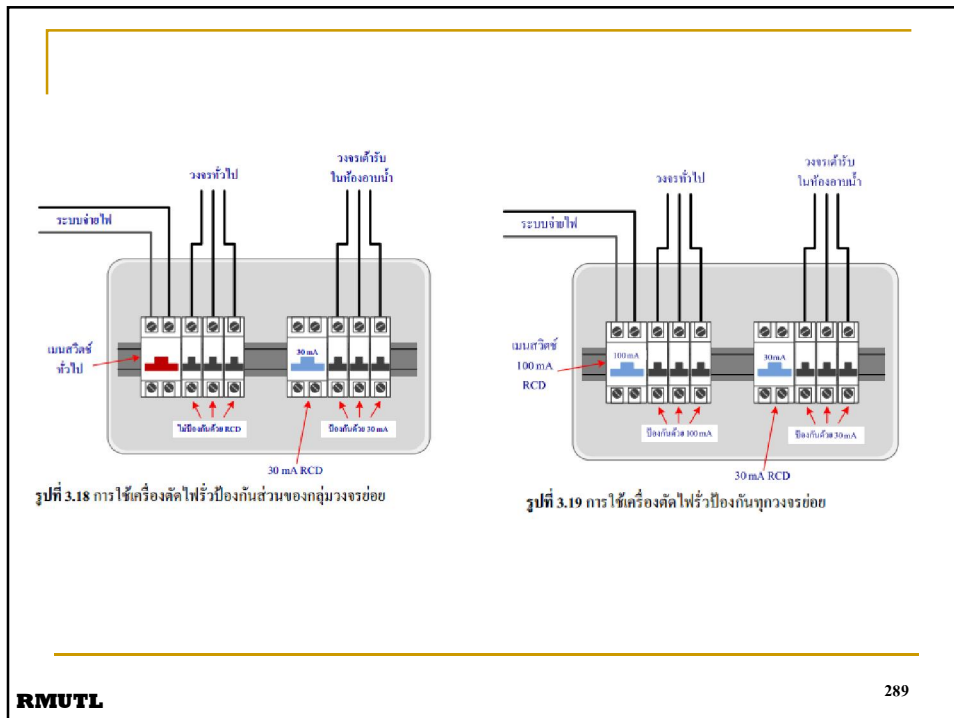
7. ทำไมเครื่องตัดไฟรั่วจึงมักตัดไฟ- บ่อย ๆ มีข้อแนะนำแก้ไขอย่างไร

1. เครื่องตัดไฟรั่วที่ตัดไฟบ่อยมัก- มีสาเหตุดังนี้

- มีการชำรุด หรือไฟรั่วเกิดขึ้นจริง ๆ ซึ่งต้องมีการตรวจสอบแก้ไข
- เกิดจากฝนตก ฟัดคะนอง หรือเมื่อมีการเปิด - ปิดสวิตช์ของเครื่องใช้ไฟฟ้า

2. ข้อแนะนำสำหรับการแก้ไข

- แยกประเภทอุปกรณ์ หรือวงจรไฟฟ้าที่มีไฟรั่วโดยธรรมชาติที่มีค่าค่อนข้างสูงออกเป็นวงจร เพื่อใช้เครื่องตัดไฟรั่วในแต่ละวงจรซึ่งแต่ละวงจรไม่ควรมีค่าไฟรั่วโดยธรรมชาติเกินกว่า 10 mA ตัวอย่างอุปกรณ์ที่มีไฟรั่วมาก เช่น อุปกรณ์ที่มีมอเตอร์ เครื่องปรับอากาศ ตัวเก็บประจุ อุปกรณ์หรือการเดินสายไฟที่เปียกน้ำ เป็นต้น
- เปลี่ยนเครื่องตัดไฟรั่วขนาด 30 mA ให้ไปใช้กับวงจรย่อยส่วนที่แผงรวมให้ใช้ขนาด 100 mA หรือ 300 mA ซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณไฟรั่วของวงจร
- เลือกซื้อเฉพาะเครื่องตัดไฟรั่วชนิดที่ไม่ไวต่อฝนฟัดคะนองหรือการเปิด - ปิดสวิตช์



3.11.4 การป้องกันกระแสรั่วลงดินของบริภัณฑ์ประธาน

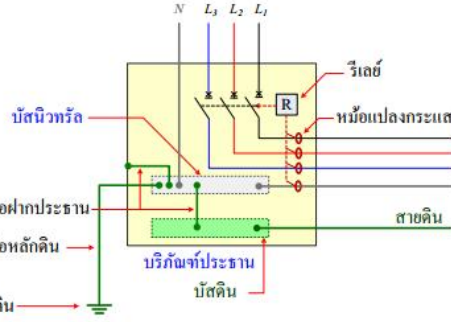
มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย กำหนดให้ “กรณีระบบที่นิวทรัลของระบบสาย (wye) ต่อลงดินโดยตรง บริภัณฑ์ประธานแรงต่ำที่มีขนาดตั้งแต่ 1,000 แอมแปร์ขึ้นไป ต้องติดตั้งเครื่องป้องกันกระแสรั่วลงดินของบริภัณฑ์ ระบบป้องกันกระแสรั่วลงดินต้องมีการทดสอบการทำงานเมื่อติดตั้งครั้งแรก ณ ที่ติดตั้ง โดยทดสอบตามคำแนะนำที่ให้มากับบริภัณฑ์ ผลการทดสอบนี้ต้องบันทึกเป็นลายลักษณ์อักษร เพื่อแจ้งให้เจ้าหน้าที่ผู้มีอำนาจตรวจสอบทราบ

ข้อยกเว้นที่ 1 ข้อบังคับนี้ไม่ใช้กับเครื่องปลดวงจรประธานของกระบวนการทางอุตสาหกรรมแบบต่อเนื่อง ซึ่งหากมีการหยุดทำงานอย่างกะทันหันจะทำให้เกิดความเสียหายมาก

ข้อยกเว้นที่ 2 ข้อบังคับนี้ไม่ใช้กับเครื่องสูบน้ำดับเพลิง”

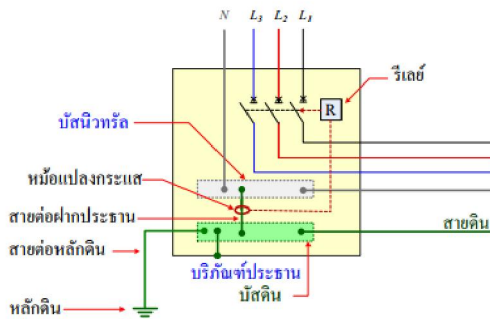
การป้องกันกระแสรั่วลงดิน หรือการป้องกันความผิดปกติพร้อมลงดิน (ground fault protection) ที่บริภัณฑ์ประธาน มี 3 วิธี คือ

(1) วิธีกระแสตกค้าง (Residual Sensing; RS) โดยการใช้หม้อแปลงกระแสวัดกระแสในแต่ ละเฟสและรวมกันทางเวกเตอร์เป็นกระแสเฟส I_p ($I_p = I_1 + I_2 + I_3$) และเปรียบเทียบกับกระแส นิวัตริล (I_N) ที่ได้จากหม้อแปลงกระแสที่สายนิวัตริล เมื่อระบบทำงานปกติกระแสเฟสจะเท่ากับ กระแสนิวัตริล ($I_p = I_N$) หากกระแสเฟสไม่เท่ากับกระแสนิวัตริล ($I_p \neq I_N$) แสดงว่าเกิดความผิด พหุองขึ้นในระบบ (มีกระแสผิดพหุอง I_p) ถ้าผลต่างของกระแสมากกว่าค่ากระแสปรับตั้ง รีเลย์จะสั่ง ให้เซอร์กิตเบรกเกอร์ปลดวงจร ดังรูปที่ 3.20



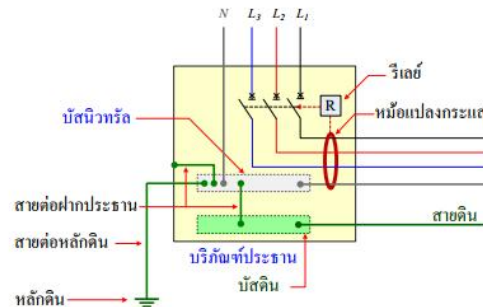
รูปที่ 3.20 การป้องกันความผิดพหุองลงดินโดยวิธีกระแสตกค้าง

(2) วิธีกระแสไหลกลับที่การต่อลงดินของแหล่งกำเนิด (Source Ground Return; SGR) โดย ใช้หม้อแปลงกระแสวัดกระแสในสายต่อฝากระหว่างบัสนิวัตริลกับบัสดิน (กรณีนี้ต้องต่อสายต่อ หลักดินเข้าบัสดิน และต่อฝากระหว่างบัสนิวัตริลกับบัสดิน) ดังรูปที่ 3.21 เมื่อเกิดความผิดพหุองลง ดินจะมีกระแสผิดพหุอง I_p ไหลกลับไปที่บัสนิวัตริล ถ้ากระแสผิดพหุอง I_p มากกว่าค่ากระแส ปรับตั้ง รีเลย์จะสั่ง ให้เซอร์กิตเบรกเกอร์ปลดวงจร



รูปที่ 3.21 การป้องกันความผิดพหุองลงดินโดยวิธีกระแสไหลกลับที่การต่อลงดินของแหล่งกำเนิด

(3) วิธีลำดับศูนย์ (Zero Sequence; ZS) โดยการใช้หม้อแปลงกระแสตัวกระแสรวมกันทั้งสายเฟสและสายนิวทรัล ดังรูปที่ 3.22 เมื่อระบบทำงานปกติผลรวมของกระแสทั้งหมดมีค่าเป็นศูนย์ (รวมกันทางเวกเตอร์) ด้านทุติยภูมิของหม้อแปลงจะไม่มีกระแส เมื่อเกิดความผิดปกติพร้อมลงดินผลรวมของกระแสทั้งหมดไม่เป็นศูนย์ ด้านทุติยภูมิของหม้อแปลงจะมีกระแสไหล ถ้ากระแสผิดปกติพร้อม I_p มากกว่าค่ากระแสปรับตั้ง รีเลย์จะสั่งให้เซอร์กิตเบรกเกอร์ปลดวงจร



รูปที่ 3.22 การป้องกันความผิดปกติพร้อมลงดินโดยวิธีลำดับศูนย์

ปลั๊กไฟในระบบสายดิน

1. ความหมายของคำที่เกี่ยวข้องกับ “ปลั๊กไฟฟ้า”

ปลั๊ก (Plug) เต้าเสียบ ปลั๊กตัวผู้ คำเหล่านี้ล้วนมีความหมายเดียวกัน หมายถึง ส่วนที่เป็นขั้วหรือหัวเสียบบริเวณส่วนปลายของสายไฟฟ้าที่ต่อออกมาจากเครื่องใช้ไฟฟ้า

เต้ารับ (Socket) หรือ ปลั๊กตัวเมีย หมายถึง ส่วนที่เป็นขั้วรับซึ่งติดอยู่กับที่ เช่น ผนังบ้านเพื่อใช้รองรับการเสียบของปลั๊ก (Plug) จากเครื่องใช้ไฟฟ้าให้มีการใช้ไฟฟ้าเกิดขึ้น

ดังนั้น คำว่า ปลั๊ก ถ้าจะเรียกให้ถูกต้องแล้ว จะหมายถึงเฉพาะเต้าเสียบจากเครื่องใช้ไฟฟ้าเท่านั้น

2. เต้าเสียบ – เต้ารับ ที่ปลอดภัย ควรมีคุณสมบัติอย่างไร

- มีการป้องกันสัมผัสไฟโดยตรง (Direct Contact) ในขณะที่เสียบหรือถอดปลั๊ก
- มีการป้องกันสัมผัสไฟโดยอ้อม (Indirect Contact)
- มีมาตรฐานสากลรองรับ และผ่านการทดสอบตามมาตรฐานนั้น ๆ
- ขนาดของกระแสและแรงดันไฟฟ้าสอดคล้องกับการใช้งานจริง

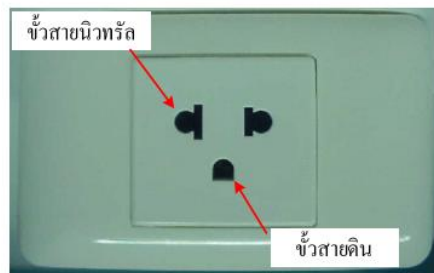
3. การป้องกันสัมผัสไฟโดยตรงของเตา-เสียบ – เตารับ

เตาเสียบ – เตารับที่มีการป้องกันสัมผัสไฟโดยตรงสามารถทำได้ดังนี้

- ทำเตารับให้เป็นหลุมลึกเพื่อป้องกันนิ้วมือสัมผัสขาปลั๊กในขณะที่เสียบหรือถอดปลั๊ก
- มีการหุ้มฉนวนโคนขาปลั๊ก (เหลือไว้เฉพาะส่วนปลาย) เพื่อป้องกันการสัมผัสขาปลั๊กส่วนที่มีไฟในขณะที่เสียบหรือถอดปลั๊ก
- มีฝาหรือบานพับของเตารับในขณะที่ไม่มีการใช้ไฟ เพื่อป้องกันเด็กใช้นิ้วหรือวัสดุแหลมๆ โดยบานพับจะเปิดออก-

เฉพาะตอนใช้ปลั๊กไฟเสียบเท่านั้น (บานพับจะเปิดเมื่อเสียบพร้อมกัน 2 รู หรือบานพับจะเปิดเมื่อมีการเสียบขาสายดิน เป็นต้น)

- ทำเตาเสียบให้มีฐานจับที่ใหญ่เมื่อกุมมือจับเตาเสียบแล้วไม่มีโอกาสสัมผัสขาปลั๊กส่วนที่มีไฟ



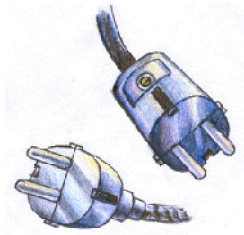
ด้านหน้า



ด้านหลัง

4. การป้องกันการสัมผัสไฟโดยอ้อมของเต้าเสียบ – เคา์รับ

การป้องกันการสัมผัสไฟโดยอ้อมของเต้าเสียบ – เคา์รับ การใช้เต้ารับที่สามารถป้องกันใช้ไฟฟ้าในกรณีที่เครื่องใช้ไฟฟ้ามีไฟรั่วเกิดขึ้น นั่นคือ ต้องใช้เต้ารับชนิดที่มีขั้วสายดิน (หากเป็นเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต้องมีสายดิน ก็ต้องใช้เต้าเสียบชนิดที่มีขั้วสายดินด้วย



5. ลักษณะของเต้าเสียบ – เคา์รับ ที่ได้มาตรฐานสากล

ลักษณะของเต้าเสียบ – เคา์รับ ที่ได้มาตรฐานสากลมีข้อสังเกต ดังนี้

- มีรูปแบบเป็นไปตามมาตรฐานสากล (ไม่เป็นรูปแบบที่ไม่มีในมาตรฐานสากล)
- มีขนาดกระแสและแรงดันไฟฟ้าเป็นไปตามมาตรฐานสากลนั้น ๆ เช่น ไม่ใช่รูปแบบที่ใช้กับไฟ 120 โวลต์ แต่มาประทับตราใช้กับระบบไฟฟ้า 220 โวลต์
- เสียบแล้วแน่นคงทน ไม่หลวมหรือ หลุดง่าย (ไม่เกิดความร้อนในขณะที่ใช้งาน)
- ผ่านการทดสอบตามมาตรฐานสากลที่อ้างอิงนั้น ๆ เช่น VDE, UL, IEC, EN เป็นต้น

RMUTL

297

6. รูปแบบของเต้าเสียบ – เคา์รับ ตามมาตรฐานสากล

ก. ระบบไฟไม่เกิน 125 โวลต์

ประเทศที่ใช้มาตรฐานนี้คือ สหรัฐอเมริกา และญี่ปุ่น ซึ่งใช้ระบบไฟ 110 โวลต์ และ 100 โวลต์ ตามลำดับ

ข. ระบบไฟไม่เกิน 250 โวลต์

ประเทศที่ใช้มาตรฐานนี้ได้แก่ ประเทศในแถบยุโรป เช่น ออสเตรีย เยอรมัน เดนมาร์ก เนเธอร์แลนด์ นอร์เวย์ สวีเดน ฟินแลนด์ ฯลฯ

7. เคา์รับชนิดมีสายดิน ควรเลือกใช้รูปแบบใด

เนื่องจากประเทศไทยใช้ไฟฟ้าในระบบ 220 – 230 โวลต์ ดังนั้นรูปแบบที่เหมาะสม ปลอดภัย และได้มาตรฐานสากล จึงเป็นชนิดรูและขากลม ซึ่งใช้กันมากในทวีปยุโรปตามที่เดิกล่าวมาแล้ว โดยที่ขั้วสายดินจะปรากฏเป็นเขี้ยวโลหะอยู่ด้านข้าง 2 แถบของเต้ารับ ส่วนเต้าเสียบจะปรากฏเป็นแถบโลหะ 2 แถบ ด้านข้างของเต้าเสียบเช่นเดียวกัน

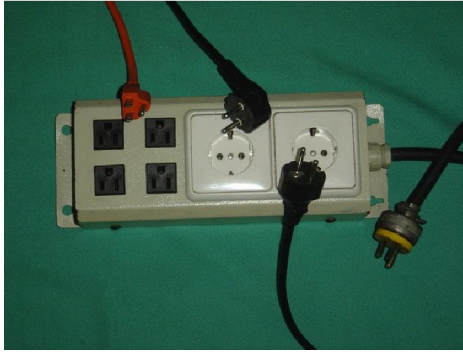


RMUTL

298

ประโยชน์ของเต้ารับชนิดนี้คือดังนี้

- เป็นหลุมลึก ทำให้มีการป้องกันไม่ให้นิ้วสัมผัสขาปลั๊ก ซึ่งจะช่วยลดอุบัติเหตุส่วนใหญ่ที่เกิดขึ้นในประเทศไทย
- เป็นไปตามมาตรฐานสากลที่ใช้กับระบบไฟ 220 โวลต์ จึงมั่นคงแข็งแรง ไม่หลวมง่าย



- เข้กกันได้กับเต้าเสียบของเครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีสายดินในท้องตลาดทำให้มีการต่อลงดินได้เลย (เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีสายดินนิยมใช้เต้าเสียบแบบยุโรปที่เป็น 2 ขากลม และมีรูตรงแถบสายดิน เพราะเป็นมาตรฐานสำหรับระบบไฟ 220 โวลต์ และใช้ได้ทั่วโลกกว่า 60 ประเทศ นอกจากนี้เต้าเสียบแบบนี้ซึ่งมีเพียง 2 ขา สามารถเสียบเข้าเต้ารับ 2 รูทั่วไปได้ โดยไม่มีอุปสรรคของขาที่ 3)
- ป้องกันการนำเต้าเสียบขาแบนที่ไม่ปลอดภัยมาเสียบใช้งาน

RMUTL

299

8. การใช้เต้าเสียบแบบขาแบนมีอันตราย อย่างไร

- เต้าเสียบขาแบนคูนาน (ไม่ว่าจะเป็น 2 ขา หรือ 3 ขา เป็นมาตรฐานที่ใช้เฉพาะกับระบบไฟ 100 – 125 โวลต์ ไม่เหมาะกับประเทศไทยที่ใช้ระบบไฟ 220 โวลต์ ซึ่งใช้แรงดันทดสอบที่สูงกว่า
- เต้าเสียบมักมีฐานจับที่เล็กซึ่งเกิดอุบัติเหตุนิ้วมือสัมผัสขาปลั๊กในขณะที่เสียบหรือถอดปลั๊กได้ง่าย
- ไม่มีการป้องกันนิ้วมือสัมผัสขาปลั๊ก ซึ่งอันตรายของการสัมผัสไฟในระบบ 220 โวลต์จะรุนแรงกว่าสัมผัสแรงดัน 110 โวลต์ เกือบเท่าตัว



- การนำเต้าเสียบขาแบนมาใช้กับเต้ารับระบบ 220 โวลต์ ซึ่งเป็นรูกลม ทำให้ต้องดัดแปลงเต้ารับให้เป็นชนิดที่ไม่มีมาตรฐาน เพื่อให้สามารถรับเต้าเสียบขาแบนได้ รูของเต้ารับจึงกว้างขึ้น และเนื่องจากระยะห่างของขากลมและขาแบนไม่เท่ากัน จึงมักมีปัญหาไม่ปลอดภัย เกิดปัญหาเสียบไม่แน่น และเกิดอัคคีภัยได้ง่าย
- เป็นการส่งเสริมให้มีการผลิตและใช้เต้ารับที่ไม่มีมาตรฐานสากลก่อให้เกิดความไม่ปลอดภัยต่อชีวิตและทรัพย์สินของประชาชน

RMUTL

300

9. ช้อแนะนำ ถ้าเค้าเสียบเป็นชาแบน แต่เค้ารับเป็นแบบรูกลม

เปลี่ยนเค้าเสียบให้เป็นชากลม-
ชนิด 220 โวลต์ทั้งหมด

10. เค้ารับแบบมีสายดินที่ไม่ปลอดภัย- สำหรับการใช้งานในประเทศไทย

ก. แบบอเมริกัน (ไม่แนะนำให้ใช้)

การใช้เค้ารับแบบอเมริกันที่ใช้-
สำหรับปลั๊กชนิดชาแบนคูขนานไม่-
ปลอดภัยดังนี้

1. เป็นมาตรฐานเฉพาะแรงดัน-
ไม่เกิน 125 โวลต์ จึงไม่ปลอดภัยสำหรับ-
ใช้ในระบบไฟ 220 โวลต์ รวมทั้งไม่-
ปลอดภัยกับชาวต่างประเทศที่เดินทางเข้า-
มาในประเทศไทย ด้วยอาจเข้าใจผิดว่าเป็น-

ระบบไฟ 110 โวลต์ ตามมาตรฐานสากล

2. ไม่มีการป้องกันอุบัติเหตุนิ้วมี-
สัมผัสขาปลั๊กในขณะที่เสียบหรือถอดปลั๊ก
ซึ่งอันตรายจากไฟ 220 โวลต์จะรุนแรง-
กว่า 110 โวลต์เกือบเท่าตัว

3. เครื่องใช้ไฟฟ้า ที่ผลิตตาม-
มาตรฐาน 220 โวลต์ ไม่ว่าจะมีสายดิน-
หรือไม่จะใช้เค้าเสียบชากลมแบบยุโรป
จึงเสียบเข้ากับเค้ารับแบบอเมริกันไม่ได้

RMUTL

301

ข. แบบไม่มีมาตรฐาน (ไม่แนะนำให้ใช้)

เค้ารับแบบไม่มีมาตรฐานนี้ไม่-
ปลอดภัยต่อการใช้งานดังนี้

1. ไม่มีมาตรฐานสากล หรือ-
มาตรฐานประเทศใดรับรอง

2. เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีสายดินที่-
ผลิตตามมาตรฐานสากล 220 โวลต์ ที่มี-
อยู่ส่วนใหญ่ในท้องตลาด แม้ว่าจะเสียบลง-
เค้ารับแบบนี้ได้ ก็จะไม่มีการต่อลงดินกับ-
ขั้วสายดิน จึงไม่เกิดประโยชน์แต่อย่างใด-
ต่อการใช้เค้ารับแบบมีสายดินแบบนี้

3. เค้าเสียบชนิดมีสายดินที่จะมา-
เสียบเข้ากับเค้ารับแบบนี้ โดยให้มีการต่อลง-
ดินด้วย จะเป็นแบบอเมริกัน 3 ขาแบบ-
แบน ซึ่งเป็นชนิดที่ใช้ไฟไม่เกิน 125 โวลต์
จึงไม่ถูกต้องและไม่ปลอดภัย

4. ขาสายดินของปลั๊กอเมริกัน-
ยาวกว่าอีก 2 ขา จึงสามารถแหงเข้าไป-
ในรูของขั้วที่มีไฟได้ (ขณะเสียบปลั๊กจะมอง-
ไม่เห็นรูขั้ว) จึงเกิดอันตรายได้ 2 ลักษณะ

4.1 ถ้าแหงรูในขณะที่จับหรือถือ-
เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีสายดินอยู่ผู้นั้นจะถูก-
ไฟฟ้าดูดจากการสัมผัสไฟฟ้าทันที

4.2 ถ้าเป็นเครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีการ-
ต่อพ่วงกันอยู่ เช่น เครื่องคอมพิวเตอร์ที่-
มีการต่อพ่วงกันหลายเครื่องเป็นเครือข่าย-
จะเกิดการลัดวงจรลงดินจากเครื่องหนึ่งไป-
สู่อีกเครื่องหนึ่งที่ต่อพ่วงอยู่ ทำให้ระบบ-
คอมพิวเตอร์ชำรุดทั้งระบบ ความเสียหาย-
ดังกล่าวมักเกิดขึ้นได้ง่ายมูลค่าความเสียหาย
แต่ละครั้งนับแสนบาท

RMUTL

302

5. ไม่สามารถป้องกันอุบัติเหตุนี้-
มือสัมผัสขาปลั๊กได้ ยกเว้นว่าจะใช้-
เต้าเสียบขากลมที่มีการหุ้มฉนวนโคนขา-
ปลั๊กเท่านั้น (ประเภทฉนวน 2 ชั้น)

6. เนื่องจากต้องออกแบบให้รับ-
กับเต้าเสียบชนิดขากลมและขาแบนจึงมี-
ข้อเสียดังนี้

6.1 รูของเต้ารับใหญ่ขึ้น เด็กเอา-
นิ้วหรือวัสดุเหยียดง่าย

6.2 อาจมีปัญหาเสียบแล้วไม่-
แน่น หรือ หลวมและเกิดอึดคัสัยเนื่อง-
จากระยะห่างของขาแบนและขากลมไม่-
เท่ากัน

11. คลับสายไฟชนิดเต้ารับ 3 รูที่ขายใน- ท้องตลาดแค่ใช้สายไฟและเต้าเสียบที่ไม่มี- สายดิน จะมีประโยชน์อย่างไร

ประโยชน์ที่ได้มีอยู่อย่างเดียว คือ
ถ้ามีเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้เต้าเสียบแบบ 3 ขา
ก็สามารถเสียบเข้าคลับสายไฟได้ โดยไม่-
ต้องตัดขาเท่านั้นแต่จะเกิดความไม่-
ปลอดภัยเนื่องจากไม่มีการต่อลงดิน นอก-
จากนี้เต้าเสียบของเครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีสาย-
ดินส่วนใหญ่ก็เป็นชนิดขากลมที่มีเพียง 2
ขาเท่านั้น (มีขั้วสายดินอยู่ด้านข้าง) การใช้-
คลับสายไฟแบบนี้จึงไม่เกิดประโยชน์ในแง่-
ความปลอดภัยแต่อย่างใด

12. มีข้อเสนอแนะอย่างไรถ้าเต้ารับเป็น- แบบไม่มีมาตรฐาน (3 รู) แต่เต้าเสียบ- ของเครื่องใช้ที่มีสายดินเป็นแบบ 220 V 2 ขากลมที่มีสายดิน

วิธีที่ถูกต้องคือ เปลี่ยนที่ตัวเต้ารับ-
ให้เป็นแบบยุโรป (มีหลุมลึก) ที่มีขั้วสาย-
ดินด้านข้าง สำหรับข้อเสนอแนะเพื่อให้-
สามารถใช้งานได้ แต่อาจไม่ปลอดภัยนัก
มีดังนี้

- เปลี่ยนเต้าเสียบให้เป็นเต้าเสียบ-
แบบอเมริกันขาแบนชนิดมีสายดิน (ต้อง-
ระมัดระวังต่อขั้วให้ถูกต้องกับสีของสาย-
ไฟ)

- ซื้อสายไฟชนิด 3 สาย เต้ารับ-
แบบยุโรปและเต้าเสียบแบบอเมริกัน 3
ขา มีสายดิน นำมาประกอบเพื่อต่อเป็น-
คลับสายไฟ

13. สีของสายไฟฟ้ามีการกำหนดเป็น- มาตรฐานไว้อย่างไร

ฉนวนของสายไฟฟ้ามีการกำหนดเป็นมาตรฐานต่างๆ ดังตารางที่ 1

มาตรฐาน	สายเส้นไฟ (L)	สายศูนย์ (N)	สายดิน(G)
มอก.11	ดำ	เทาอ่อน	เขียว/เหลือง
อเมริกา	ดำ(แดง)	ขาว (เทาอ่อน)	เขียวหรือเขียว/เหลือง
อังกฤษ	แดง	ดำ	เขียว/เหลือง
ฝรั่งเศส	น้ำตาล	ฟ้า	เขียว/เหลือง
เยอรมัน	ดำ	ฟ้า	เขียว/เหลือง
IEC	ดำ หรือ น้ำตาล	ฟ้า	เขียว/เหลือง
	น้ำตาล	ฟ้า	เขียว/เหลือง

ตารางที่ 1 :

14. ข้อแนะนำในการติดตั้งใช้งานเต้ารับ

- ตำแหน่งเต้ารับควรติดตั้งให้พ้นมือเด็ก หรือระดับน้ำที่อาจท่วมถึงหรือแยกวงจรไฟฟ้าของเต้ารับให้สามารถปลดไฟออกได้ทันที

- เวลาถอดปลั๊กอย่าใช้มือจับดิ่งที่สายไฟ ให้ใช้มือจับที่ตัวปลั๊กอย่างระมัดระวัง

- ให้หลีกเลี่ยงการใช้เต้ารับที่เสียบปลั๊กได้หลายตัว เพราะอาจมีการใช้ไฟเกินขนาดของเต้าเสียบ - เต้ารับและสายไฟฟ้าอาจเกิดอัคคีภัยได้

- หมั่นตรวจสอบจุดต่อ/การเข้าสายให้แน่นอยู่เสมอ(เต้าเสียบ - เต้ารับไม่ควรมีความร้อนสูงในระหว่างใช้งาน)

- เต้ารับที่ใช้ภายนอก นอกจากจะต้องเป็นชนิดที่ทนแดดทนฝนแล้ว ควรติดตั้งหรือมีวงจรมีเครื่องตัดไฟรั่วอยู่ในตัวด้วย

- ตลับสายไฟพร้อมปลั๊กที่มีมาตรา มอก.11 – 2531 นั้น มิได้หมายความว่าเต้ารับนั้นได้มาตรฐาน เนื่องจาก มอก.11 นั้นเป็นมาตรฐานของสายไฟเพียงอย่างเดียวเท่านั้น นอกจากนี้ต้องพิจารณาขนาดของสายไฟให้เหมาะสมด้วย เช่น ตลับสายไฟที่สามารถต่อปลั๊กได้ 2 ชุด จะต้องใช้สายไฟขนาดตั้งแต่ 1.0 ตร.มม.ขึ้นไป (สังเกตตัวเลขขนาดสายที่พิมพ์อยู่บนสายไฟ)

15. วิธีทดสอบก่อนเลือกซื้อเตารีดอย่างง่าย ๆ

1. ทดลองใช้ปลั๊ก (ตัวผู้) ชนิดขากลมเสียบเข้ากับเตารีด (ตัวเมีย) ที่จะทดสอบ โดยมีหลักเกณฑ์ว่า ยิ่งเสียบได้แน่นยิ่งมีคุณภาพดี ด้วยวิธีดังต่อไปนี้

1.1 เสียบเข้า 1 ครั้งแล้วถอดดึงออก

- ถ้าเสียบเข้าและดึงออกได้โดยง่าย แสดงว่าเตารีดนั้นไม่ดี

- ถ้ารู้สึกฝืด แน่น ให้ทดสอบในข้อ 1.2 ต่อไป

1.2 เสียบเข้าแล้วดึงออก จำนวน 3 – 5 ครั้ง

ถ้าพบว่าการเสียบเข้าและดึงออกในครั้งสุดท้ายนั้น

- เสียบและดึงออกได้โดยง่ายหรือฝืดน้อยลงมาก แสดงว่าเตารีดนั้นไม่ดี

- ยังคงฝืดและแน่น แสดงว่าเป็นเตารีดที่ดี

2. หากจำเป็นต้องใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ปลั๊กตัวผู้เป็นชนิดขาแบน (120 V) ซึ่งการไฟฟ้านครหลวงไม่แนะนำให้ใช้นั้น จะต้องทดสอบเตารีดกับปลั๊ก (ตัวผู้) ขาแบน ตามข้อ 1 ตามหลักเกณฑ์เดียวกัน

3. หากสามารถแกะฝาเพื่อเปิดดูภายในเตารีดได้ ขอให้สังเกตวิธีการยึดและต่อขั้วสายว่ามั่นคง แข็งแรง หรือไม่ หากสามารถคลายตัวออกหรือหลวมได้โดยง่ายก็จะทำให้เกิดความร้อนขึ้นในระหว่างการใช้งานได้เตารีดที่ดีจึงต้องมีการยึดและต่อขั้วสายที่แน่น แข็งแรง

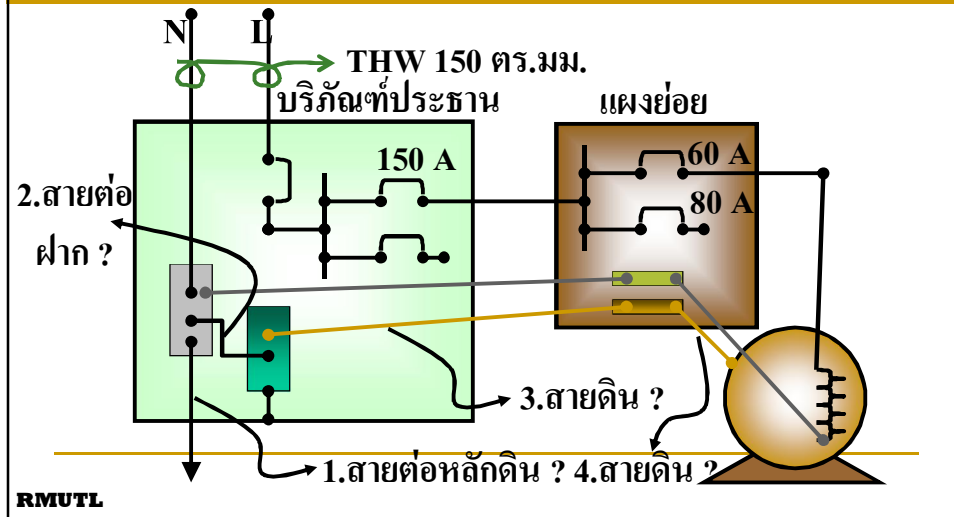
คำถาม

การติดตั้งระบบสายดิน มีค่าใช้จ่ายสูงขึ้นเท่าใด

ค่าใช้จ่ายจะสูงขึ้นประมาณ 10 – 20% ของค่าใช้จ่ายการติดตั้งทางไฟฟ้าทั้งหมด

ทดสอบ

การหาขนาดสายต่อหลักดิน สายต่อฝาก และ สายดิน



การหาขนาดสายต่อหลักดิน สายต่อฝาก และ สายดิน

1. ขนาดสายต่อหลักดิน

กำหนดจากขนาดสายประธานเข้าอาคารตาม
ตารางที่ 6.1 สายประธานเข้าอาคารขนาด 150 ตร.มม.
ได้สายต่อหลักดิน ขนาด 35 ตร.มม.

2. ขนาดสายต่อฝากด้านไฟเข้าของบริภัณฑ์ไฟฟ้า

กำหนดจากขนาดสายประธานเข้าอาคารตาม
ตารางที่ 6.1 สายประธานเข้าอาคารขนาด 150 ตร.มม.
ได้สายต่อหลักดิน ขนาด 35 ตร.มม.

RMUTL

การหาขนาดสายต่อหลักดิน สายต่อฝาก และ สายดิน

3. ขนาดสายดินจากบริษัทผู้ประธาณถึงแผงย่อย

กำหนดจากขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกินตามตารางที่ 6.2
เครื่องป้องกันกระแสเกิน ขนาด 150 แอมแปร์
ได้สายดิน ขนาด 16 ตร.มม.

4. ขนาดสายดินจากแผงย่อยถึงโหนด

กำหนดจากขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกินตามตารางที่ 6.2
เครื่องป้องกันกระแสเกิน ขนาด 60 แอมแปร์
ได้สายดิน ขนาด 6 ตร.มม.

RMUTL

