

**SIMES ENGINEERING CO., LTD. (HEAD OFFICE)**

บริษัท ไชเมส เอ็นจิเนียริง (สำนักงานใหญ่)

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

121 หมู่ 1 ซอย ธาระนิรันตร์ ถนน สุขาภิบาล ตำบล บางศรีเมือง อำเภอ เมือง จังหวัด นนทบุรี 11000

เลขประจำตัวผู้เสียภาษีอากร 0125558021330 อัตราร้อยละ 7

Tel. 02-8828968, 019146766, 018228835 FAX 02-4462334 e- mail address: chanvit\_cru@yahoo.com

---

**INSPECTION REPORT**

**CUSTOMER: TIPCO FOODS PUBLIC COMPANY LIMITED**

**FACTORY: PRACHUAP KHIRI KHAN**

**DATE: JUNE 14<sup>th</sup> - 15<sup>th</sup>, 2017**



**SIMES ENGINEERING CO.,LTD.(Head Office)**

**บริษัท ไชเมส เอ็นจิเนียริง จำกัด (สำนักงานใหญ่)**

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

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

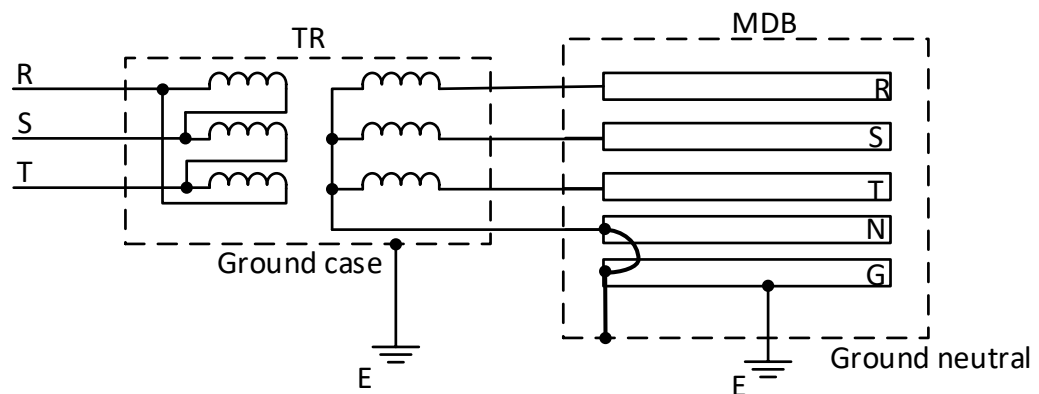
เลขประจำตัวเสียภาษีอากร 0125558021330 อัตราร้อยละ 7

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

## SUMMARY

ปัญหาที่ 1 ตรวจสอบการต่อใช้งานหม้อแปลงไฟฟ้า ไม่ได้ต่อ Neutral ลง Ground ซึ่งตามมาตรฐาน IEC 60364-3 จะต้องต่อดังรูปที่ 1 ซึ่งเป็นการต่อแบบ TN-C-S ดูได้จากเอกสารแนบ Earthing System โดยตรวจพบที่ห้องไฟฟ้า 1 หม้อแปลงไฟฟ้า 1250 kVA ทั้ง 3 ลูก และห้องไฟฟ้า 3 หม้อแปลงไฟฟ้า 400 kVA อีก 1 ลูก รวมทั้งหมด 4 ลูก ซึ่งต้องรีบดำเนินการแก้ไขให้ตรงตามมาตรฐาน

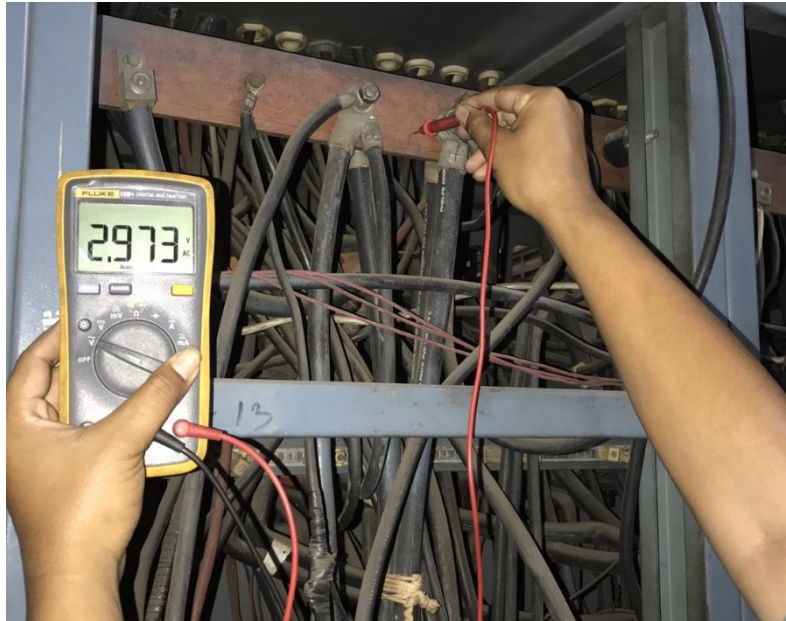
ผลกระทบหากไม่ดำเนินการแก้ไขจะทำให้เกิดแรงดันเกินเกิดขึ้นดังเอกสารที่แนบ Transformer Un-Ground Connection ทำรายงาน เกิดผลกระทบหลายอย่าง เช่น หม้อแปลงไฟฟ้าเสื่อมสภาพ ฉนวนสายไฟฟ้าเสื่อมสภาพ อุปกรณ์ไฟฟ้าเกิดความเสียหายเมื่อเกิดแรงดันเกิน และเป็นอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงาน



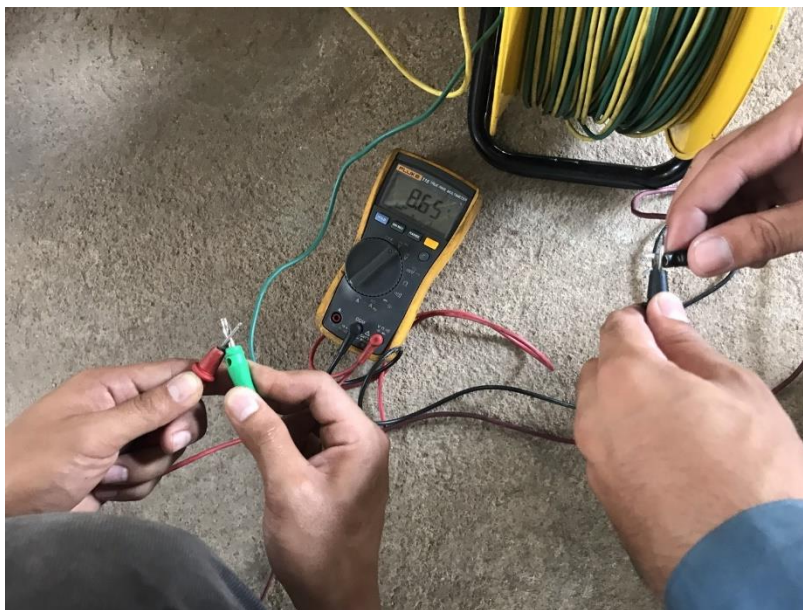
รูปที่ 1 มาตรฐานการต่อใช้งานหม้อแปลงไฟฟ้า

**การแก้ไข** ทำการต่อ Neutral ของหม้อแปลงลง Ground โดยไม่เชื่อมต่อกับ Ground ของระบบอื่นๆ เช่น Ground lightning Ground ของหม้อแปลงหรือ MDB อื่นๆ และขนาดของสาย Ground ต้องมีขนาดใหญ่พอที่จะรองรับกระแส Fault ได้ เพราะหากขนาดเล็กไปจะทำให้สายขาดได้เมื่อเกิด Fault ที่กระแสสูงๆ สามารถดูได้จากภาคผนวก การหาขนาดของสายกราวด์

## SUMMARY



รูปที่ 2 วัดแรงดันระหว่าง Neutral เทียบกับ Ground ที่ห้องไฟฟ้า 1 หม้อแปลงไฟฟ้า 1250 kVA



รูปที่ 3 วัดแรงดันระหว่าง Neutral เทียบกับ Ground ที่ห้องไฟฟ้า 3 หม้อแปลง 400 kVA

ซึ่งพบว่าถ้าหาก Neutral ต่อลง Ground จริง เมื่อวัดแรงดันเทียบกันจะต้องไม่มีแรงดันเกิดขึ้น เนื่องจากเป็นจุดเดียวกัน แต่ที่หม้อแปลงไฟฟ้า 1250 kVA มีแรงดัน 2.97 V และที่หม้อแปลง 400 kVA มีแรงดัน 8.65 V แสดงให้เห็นว่าไม่ได้ต่อ Neutral ลง Ground

## SUMMARY

**ปัญหาที่ 2** มีการต่อ Ground ร่วมกันระหว่าง Ground ของล่อฟ้า กับ Ground ของไฟฟ้าแรงต่ำ ซึ่งไม่ควรต่อร่วมกัน เพราะตามมาตรฐานกำหนดให้ Ground resistance ของล่อฟ้า มีค่าไม่เกิน 1 โอห์ม และ Ground resistance ของไฟฟ้าแรงต่ำมีค่าไม่เกิน 5 โอห์ม ผลกระทบหากไม่ดำเนินการแก้ไข ผู้ปฏิบัติงานหรือพนักงานอาจจะได้รับอันตรายจากการเกิดฟ้าผ่าได้



รูปที่ 4 มีการต่อ Ground ร่วมกันระหว่าง Ground ของล่อฟ้า กับ Ground ของไฟฟ้าแรงต่ำ ที่ห้องไฟฟ้า 1

**การแก้ไข** ทำการแยก Ground ของทั้งสองออกจากกัน และต้องทำการปัก Ground rod เพิ่มอีก 1 จุด โดยค่า Ground resistance ต้องได้ตามมาตรฐาน และขนาดของสาย Ground ต้องมีความเหมาะสมสามารถรองรับกระแสที่อาจเกิดขึ้นสูงสุดได้ เพื่อป้องกันสายขาด

**ปัญหาที่ 3** สาย Ground มีขนาดเล็กเกินกว่าที่จะสามารถรองรับกระแส Fault ที่เกิดขึ้นในระบบได้ และสาย Ground มีฉนวนห่อหุ้มตัวนำไม่ถึงจุดปัก Ground rod ที่ปักลงดิน ดังรูปที่ 4 โดยจะมีผลเมื่อมีกระแสไหลในสาย Ground ส่วนที่ไม่มีฉนวนห่อหุ้มจะสัมผัสกับพื้นดินหรือ โครงสร้างอื่นๆ ทำให้กระแสกระจายออกไปตามพื้นดินตาม โครงสร้างนั้นๆ หากมีคนไปสัมผัสหรือรั่วไหลไปยังเครื่องจักรจะทำให้เกิดความเสียหายขึ้นได้



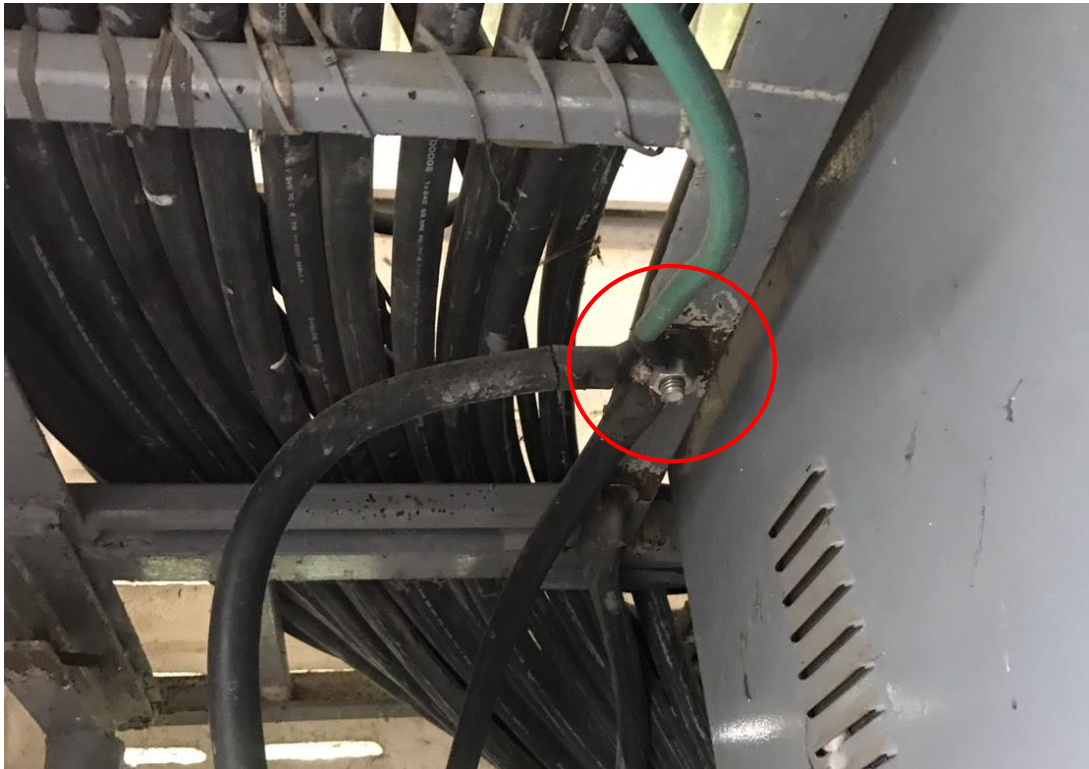
รูปที่ 5 สาย Ground ที่ใช้มีขนาดเพียง 50 SQ.MM.

**การแก้ไข** เปลี่ยนสาย Ground ให้มีขนาดใหญ่ขึ้นและมีฉนวนหุ้มจนถึงจุดต่อที่ Ground rod ปักลงดิน

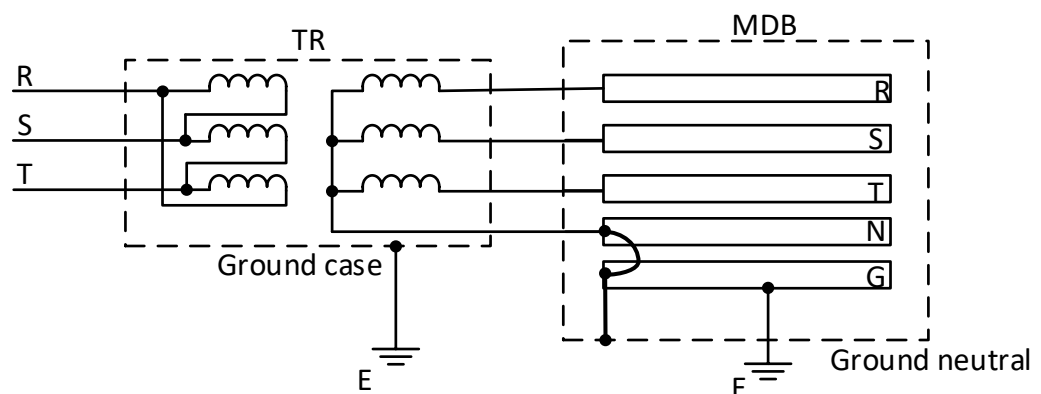


## SUMMARY

ปัญหาที่ 4 ห้องไฟฟ้า 2 มีการต่อสาย Neutral จากหม้อแปลงไฟฟ้าเข้าที่โครงสร้างของตู้ MDB ซึ่งตามมาตรฐานระบุว่าต้องต่อเข้าที่ Neutral bus bar แล้วต่อ Neutral bus bar เข้ากับ Ground bus bar แล้วจึงต่อสายจาก Ground bus bar ไปยัง Ground rod ที่ปักลงดิน



รูปที่ 6 ห้องไฟฟ้า 2 มีการต่อสาย Neutral จากหม้อแปลงเข้าที่โครงสร้างของตู้ MDB



รูปที่ 7 การต่อสายจากหม้อแปลงไฟฟ้าเข้าที่บัสบาร์ในตู้ MDB

การแก้ไข ควรแก้ไขให้ถูกต้องตามมาตรฐาน ดังรูปที่ 7

## SUMMARY

ปัญหาที่ 5 ค่า Ground resistance มีค่าสูงเกินมาตรฐาน ซึ่งตามมาตรฐาน IEEE และ วสท. กำหนดให้ค่า

Ground resistance มีค่าไม่เกิน 5  $\Omega$  ตามเอกสารแนบ Ground Resistance

Location	Ground resistance ( $\Omega$ )	Should be ( $\Omega$ )
ลานหม้อแปลงห้องไฟฟ้า 4 TR 800 kVA	27.3	5
ลานหม้อแปลงห้องไฟฟ้า 4 TR 500 kVA	8.73	5



รูปที่ 8 ค่า Ground resistance TR 800 kVA ค่า 27.3  $\Omega$



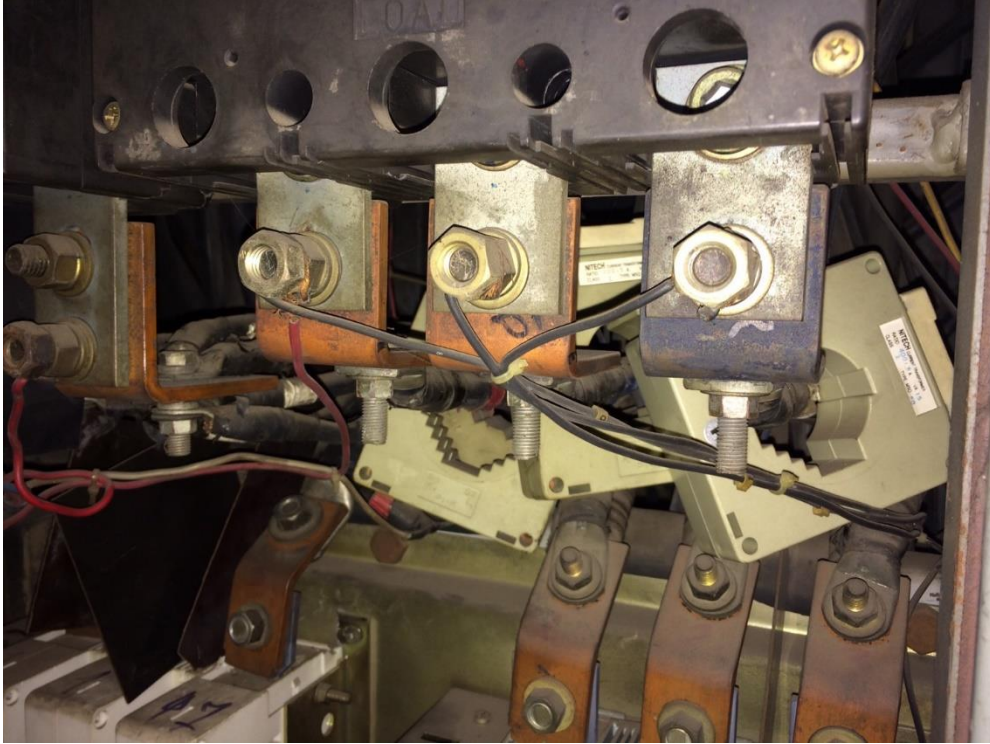
รูปที่ 9 ค่า Ground resistance TR 500 kVA ค่า 8.73  $\Omega$

การแก้ไข ควรทำการแก้ไขให้ค่า Ground resistance มีค่าไม่เกิน 5  $\Omega$  โดยการปัก Ground rod ใหม่



## SUMMARY

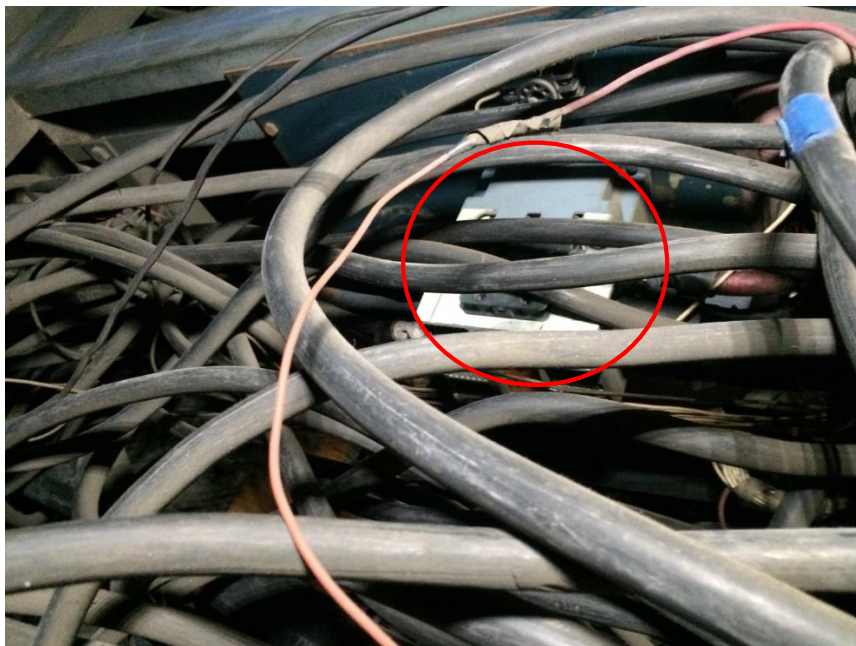
**ปัญหาที่ 6** มีการเข้าสายพ่วงที่ Circuit breaker ควรทำการถอดสายพ่วงออกและทำการเจาะรู bus bar ให้เหมาะสม ผลกระทบทำให้เกิดความร้อนสูง



รูปที่ 10 สายไฟที่ต่อพ่วงไม่ได้เข้าทางปลาที่ห้องไฟฟ้า 1

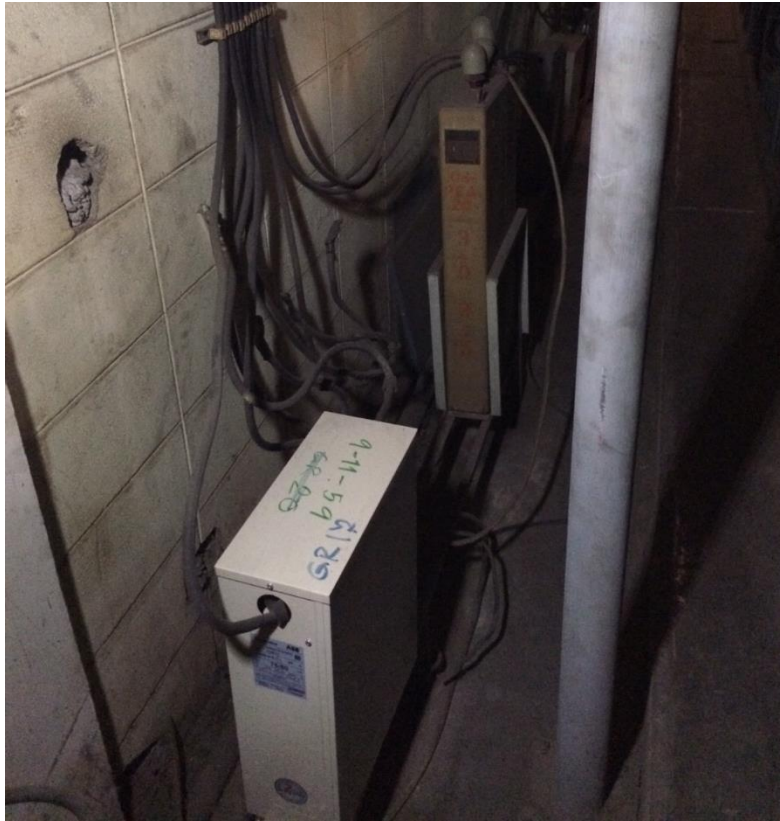
**การแก้ไข** การถอดสายพ่วงออกและทำการเจาะรู bus bar ให้เหมาะสม และเข้าทางปลาที่สายให้เรียบร้อย

**ปัญหาที่ 7** ไม่มีตู้ Capacitor panel ปัจจุบันติดตั้งตัว Magnetic contactor และ Capacitor ไว้ด้านหลังของตู้ MDB ซึ่งควรติดตั้งแยกออกมาเป็น Capacitor panel ต่างหาก ที่ห้องไฟฟ้า 1 และห้องไฟฟ้า 2

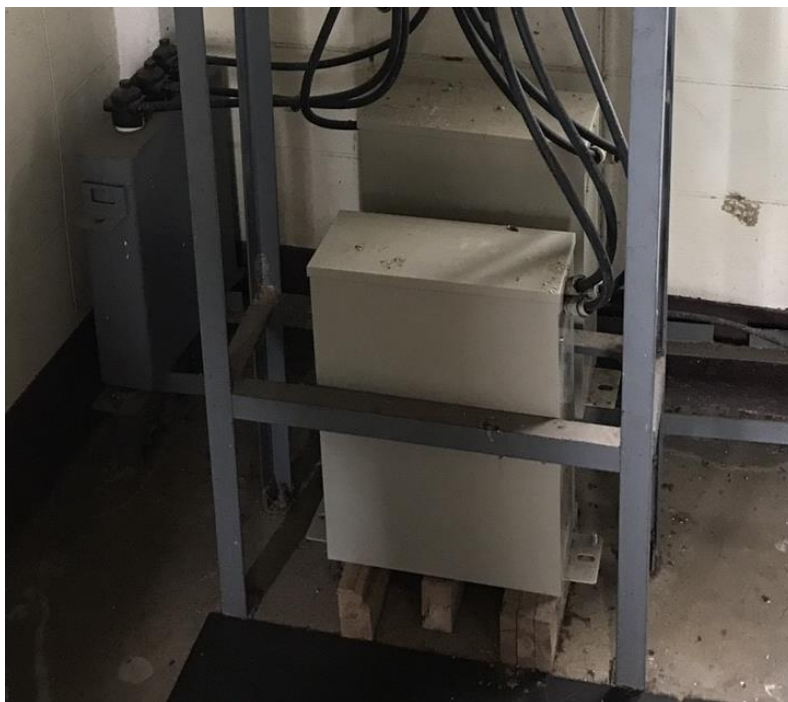


รูปที่ 11 Magnetic contactor ที่ติดตั้งด้านหลังตู้ MDB ที่ห้องไฟฟ้า 1

## SUMMARY



รูปที่ 12 Capacitor ที่วางอยู่ด้านหลัง MDB ห้องไฟฟ้า 1



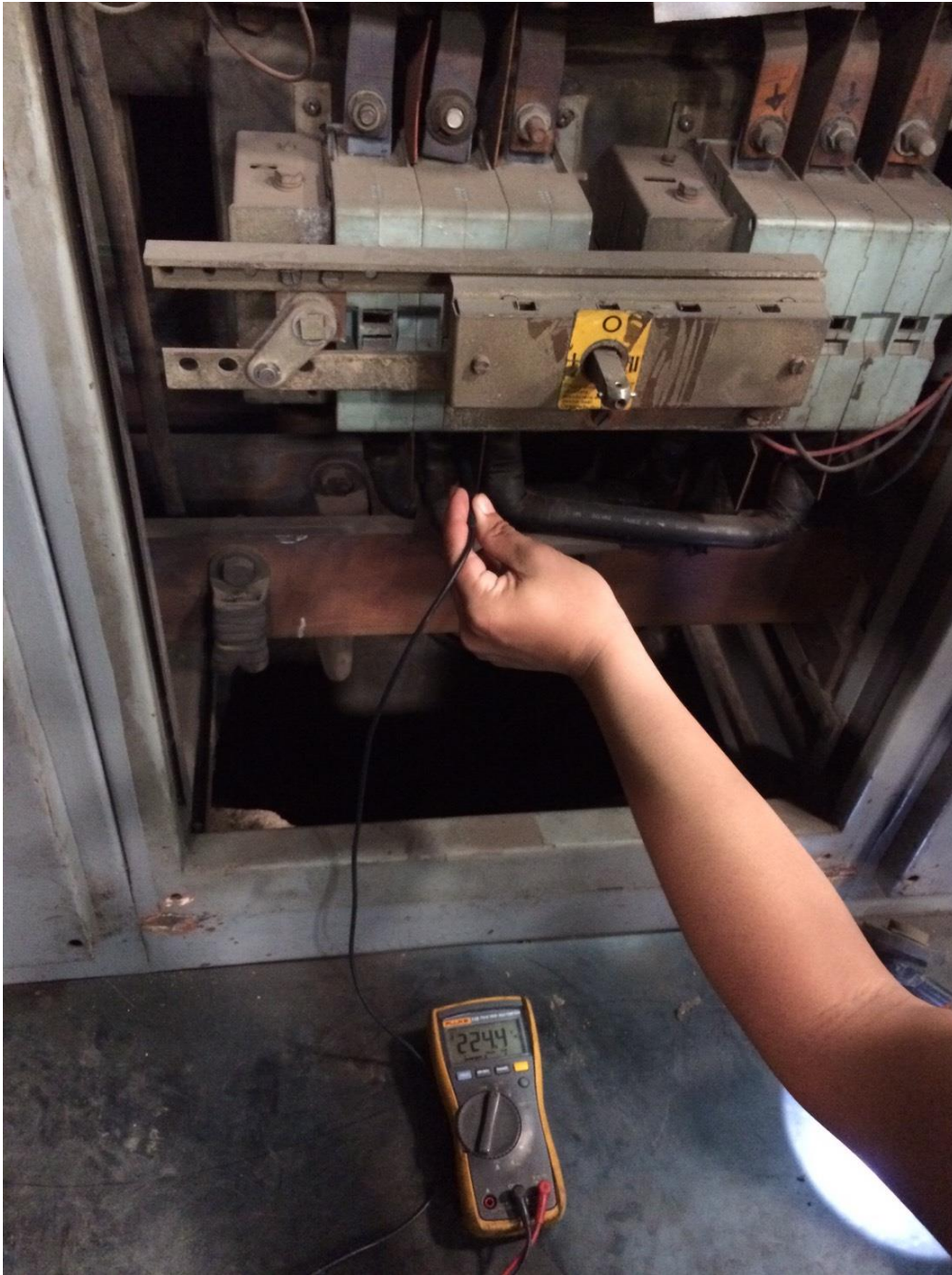
รูปที่ 13 Capacitor ที่วางอยู่กับพื้นในห้องไฟฟ้า 2

การแก้ไข ควรมีตู้ Capacitor panel แยกออกจากตู้ MDB พร้อมทั้งติดตั้ง Capacitor และอุปกรณ์ต่างๆ ให้เรียบร้อย



## SUMMARY

ปัญหาที่ 8 Change over switch ตู้ GR.27 และ GR.30 bad contact ทำให้เกิดความร้อนสูง ที่ห้องไฟฟ้า 1



รูปที่ 14 Change over switch ที่ห้องไฟฟ้า 1

การแก้ไข ควรทำการบำรุงรักษาทำความสะอาดหน้าสัมผัส ของ Change over switch

## SUMMARY

ปัญหาที่ 9 การเดินสายไฟไปยังตำแหน่งต่างๆ ไม่ได้ถูกวางไว้ในรางสายไฟ แต่พาดไว้ตามคาน ตามท่อต่างๆ ทำให้เกิดความไม่เรียบร้อย ไม่สวยงาม และไม่เหมาะสม ซึ่งตามมาตรฐานการติดตั้งจะต้องมีรางสายไฟ (Wire Way) ของสายไฟ โดยเฉพาะ



รูปที่ 15 สายไฟที่เข้าและออกจากตู้ควบคุม



รูปที่ 16 การเดินสายไฟบริเวณหน้าซ้อปเครื่องกล



## SUMMARY



รูปที่ 17 การเดินสายไฟบริเวณหน้าหน้าห้องน้ำ



รูปที่ 18 การเดินสายไฟบริเวณหน้าหน้าห้องน้ำ

การแก้ไข ควรจัดทำทางเดินหรือรางสำหรับเดินสายไฟให้เรียบร้อย



## SUMMARY

ปัญหาที่ 10 รูสำหรับสายไฟเข้า-ออก ไม่มียางกันขอบอาจเกิดการบาดสายทำให้ไฟรั่วลงโครงสร้างของผู้ได้



รูปที่ 19 รูสำหรับสายไฟเข้าและออกในตู้ไฟฟ้าไม่มียางรองขอบ



รูปที่ 20 รูสำหรับสายไฟเข้าและออกในตู้ไฟฟ้าไม่มียางรองขอบ

**การแก้ไข** ควรใส่ยางรองขอบป้องกันขอบเหล็กบาดสายไฟ

## SUMMARY

ปัญหาที่ 11 บริเวณที่สายไฟฟ้าเข้าตู้ มีแอ่งน้ำซึ่งจากท่อน้ำทิ้งเครื่องปรับอากาศ และสายวางอยู่กับพื้นบริเวณที่เปียกชื้น



รูปที่ 21 ตู้ไฟฟ้าที่บริเวณพื้นมีน้ำทิ้งจากเครื่องปรับอากาศ



รูปที่ 22 สายไฟที่วางอยู่กับพื้นที่มีน้ำทิ้งจากเครื่องปรับอากาศ

**การแก้ไข** ควรทำรางสำหรับวางสายไฟให้สูงเหนือจากพื้นขึ้นมา และทำท่อน้ำทิ้งจากเครื่องปรับอากาศให้ไหลออกไปนอกโรงงาน

## SUMMARY

ปัญหาที่ 12 บริเวณหลังตู้ MDB ของห้องไฟฟ้า 1 และห้องไฟฟ้า 4 มีการเดินสายไฟไม่เป็นระเบียบเรียบร้อยและเปิดฝาหลังตู้ไว้



รูปที่ 23 สภาพด้านหลังตู้ MDB ของห้องไฟฟ้า 1



รูปที่ 24 สภาพด้านหลังตู้ MDB ของห้องไฟฟ้า 4

**การแก้ไข** ควรทำการจัดระเบียบสายไฟที่ตู้ MDB และปิดฝาหลังตู้ในห้องไฟฟ้า 1 ให้เรียบร้อย ป้องกันสัตว์เข้าไปตู้ MDB แล้วทำให้เกิดการช็อตได้ และยังเป็น การป้องกันอันตรายที่อาจเกิดขึ้นกับผู้ปฏิบัติงานด้วย



## SUMMARY

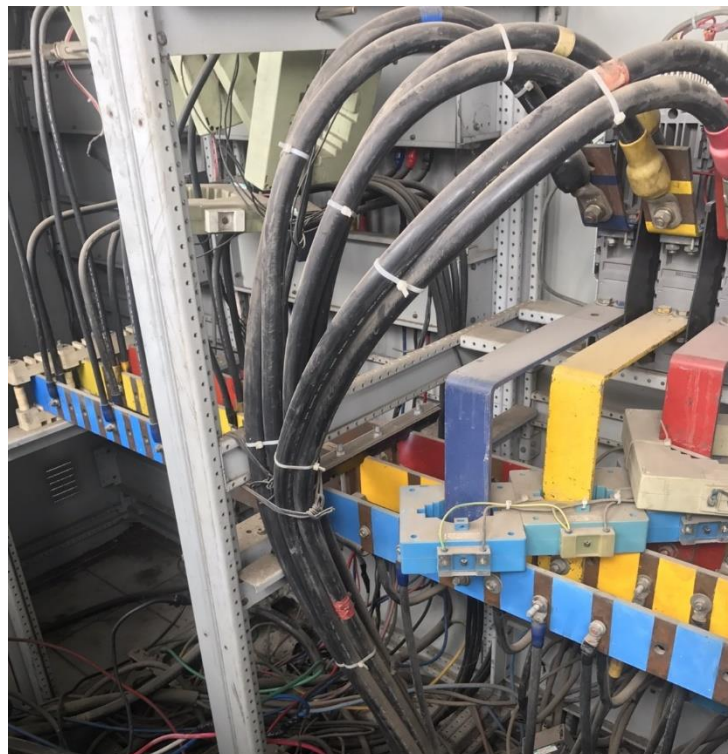
ปัญหาที่ 13 เบรกเกอร์ที่สั่งให้คาปาซิเตอร์ทำงานไม่ได้ยึดติดกับโครงสร้างตู้ที่ห้องไฟฟ้า 2



รูปที่ 25 เบรกเกอร์ไม่ได้ยึดติดกับโครงสร้างตู้

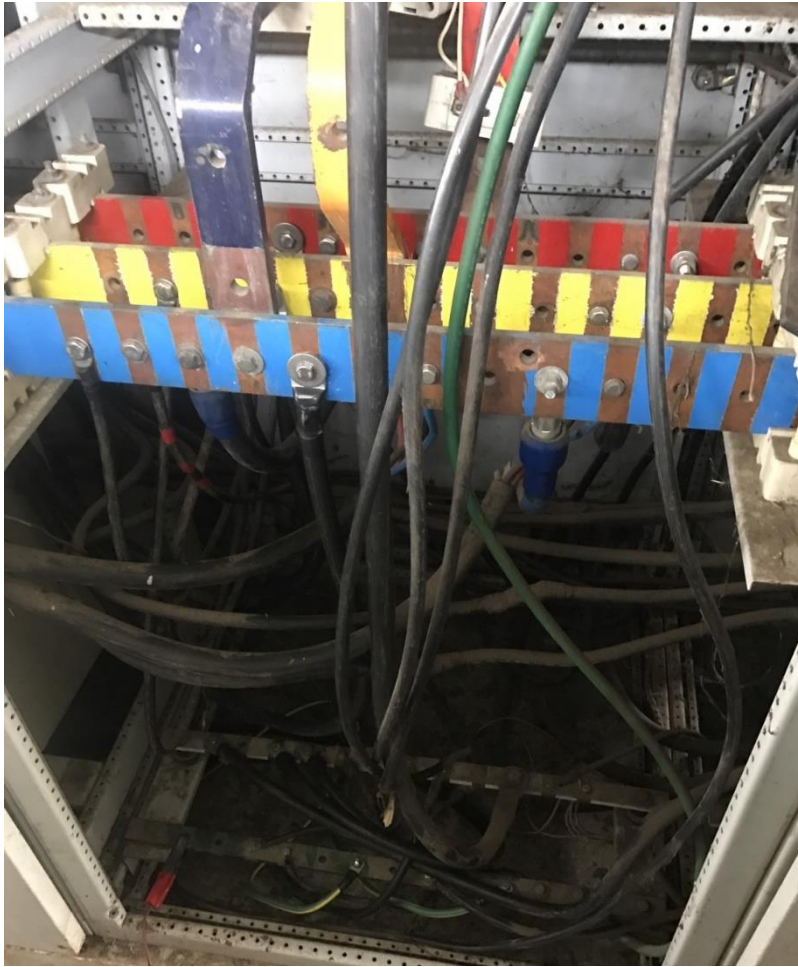
การแก้ไข ควรทำการยึดเบรกเกอร์กับโครงสร้างตู้ให้แข็งแรงและเรียบร้อย

ปัญหาที่ 14 ภายในตู้ MDB และตู้ Local panel ภายในส่วนการผลิต มีฝุ่นและคราบสกปรกจับตามสายไฟและอุปกรณ์ต่างๆ



รูปที่ 26 สภาพฝุ่นและคราบสกปรกภายในตู้ MDB ที่ห้องไฟฟ้า 4

## SUMMARY



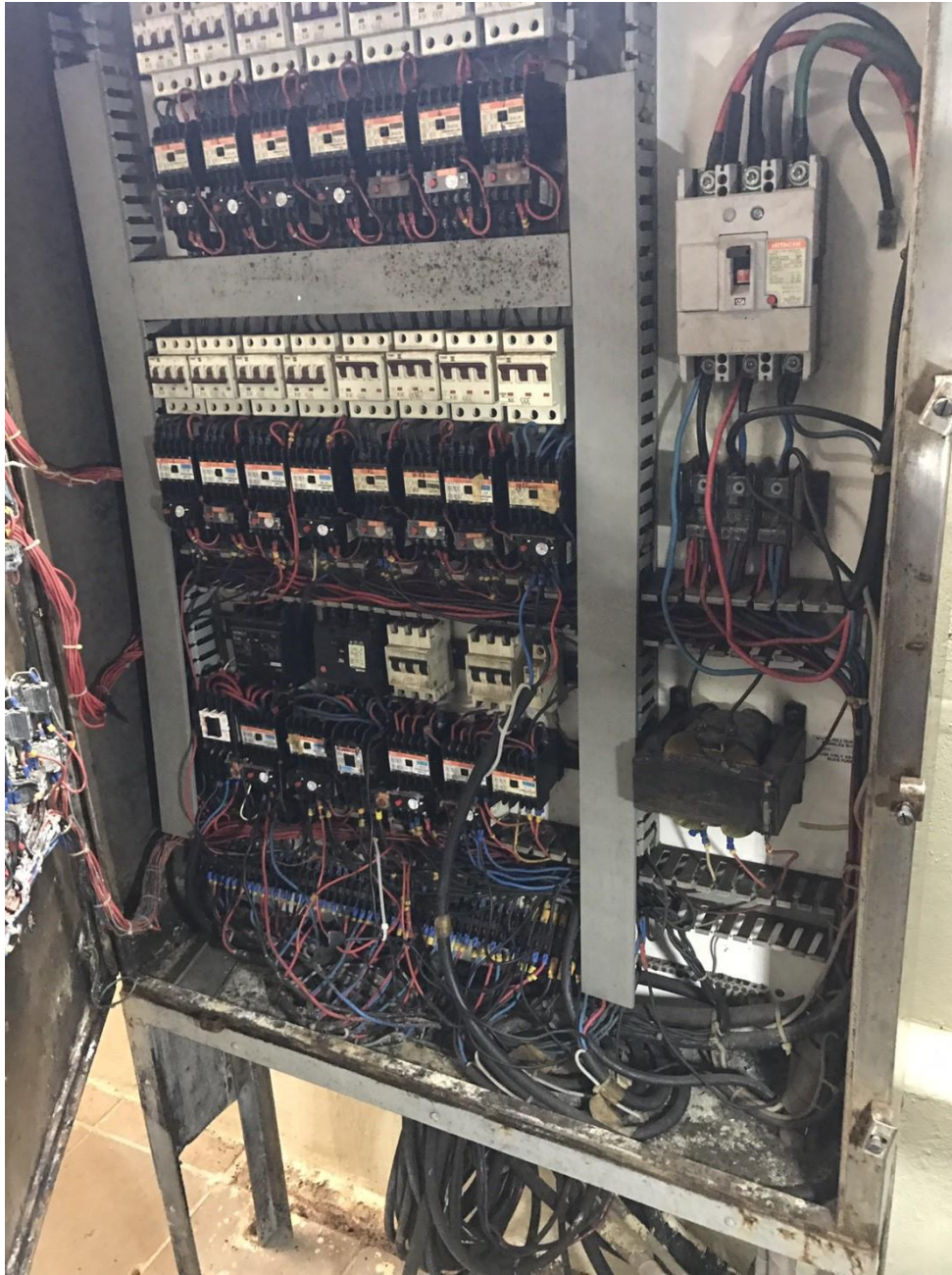
รูปที่ 27 สภาพฝุ่นและคราบสกปรกภายในตู้ MDB ที่ห้องไฟฟ้า 3



รูปที่ 28 สภาพฝุ่นที่จับบนเบรกเกอร์



## SUMMARY



รูปที่ 29 สภาพฝุ่นและคราบสกปรกภายในตู้ Local panel ในส่วนของการผลิต

การแก้ไข ควรทำความสะอาดภายในตู้ MDB และตู้ Local panel ภายในส่วนการผลิต และทดสอบอุปกรณ์ไฟฟ้า  
ทุกๆ 1 ปี



**ภาคผนวก**  
**Earthing System**

# Earthing system

From Wikipedia, the free encyclopedia

In an electrical installation or an electricity supply system an **earthing system** or **grounding system** connects specific parts of that installation with the Earth's conductive surface for safety and functional purposes. The point of reference is the Earth's conductive surface, or on ships, the surface of the sea. The choice of earthing system can affect the safety and electromagnetic compatibility of the installation. Regulations for earthing systems vary considerably among countries and among different parts of electrical systems, though many follow the recommendations of the International Electrotechnical Commission which are described below.

This article only concerns grounding for electrical power. Examples of other earthing systems are listed below with links to articles:

- To protect a structure from lightning strike, directing the lightning through the earthing system and into the ground rod rather than passing through the structure.
- As part of a single-wire earth return power and signal lines, such as were used for low wattage power delivery and for telegraph lines.
- In radio, as a ground plane for large monopole antenna.
- As ancillary voltage balance for other kinds of radio antennas, such as dipoles.
- As the feed-point of a ground dipole antenna for VLF and ELF radio.

## Contents

- 1 Objectives of electrical earthing
  - 1.1 Protective earthing
  - 1.2 Functional earthing
- 2 Low-voltage systems
  - 2.1 IEC terminology
    - 2.1.1 Types of TN networks
    - 2.1.2 TT network
    - 2.1.3 IT network
  - 2.2 Comparison
  - 2.3 Other terminologies
  - 2.4 Resistance-earthed neutral (India)<sup>[4]</sup>
  - 2.5 Earth leakage protection
  - 2.6 Earth connectivity check
  - 2.7 Properties
    - 2.7.1 Cost
    - 2.7.2 Safety
    - 2.7.3 Electromagnetic compatibility
  - 2.8 Regulations
  - 2.9 Application examples
- 3 High-voltage systems
  - 3.1 Solid-earthed neutral
  - 3.2 Resistance-earthed neutral
    - 3.2.1 Low-resistance earthing
    - 3.2.2 High-resistance earthing
  - 3.3 Unearthed neutral
- 4 See also
- 5 References

## Objectives of electrical earthing

### Protective earthing

---

In the UK "Earthing" is the connection of the exposed-conductive parts of the installation by means of protective conductors to the "main earthing terminal", which is connected to an electrode in contact with the earth's surface.<sup>[1]</sup> A *protective conductor* (PE)<sup>[1]</sup> (known as an *equipment grounding conductor* in the US National Electrical Code) avoids electric shock hazard by keeping the exposed-conductive surface of connected devices close to earth potential in fault conditions. In the event of a fault, a current is allowed to flow to earth by the earthing system. If this is excessive the overcurrent protection of a fuse or circuit breaker will operate, thereby protecting the circuit and removing any fault-induced voltages from the exposed-conductive surfaces. This disconnection is a fundamental tenet of modern wiring practice and is referred to as the "Automatic Disconnection of Supply" (ADS). Maximum allowable earth fault loop impedance values and the characteristics of overcurrent protection devices are strictly specified in electrical safety regulations to ensure this happens promptly and that whilst overcurrent is flowing hazardous voltages do not occur on the conductive surfaces.<sup>[2]</sup> Protection is therefore by limiting the elevation of voltage and its duration.

The alternative is *defense in depth* – such as reinforced or double insulation – where multiple independent failures must occur to expose a dangerous condition.

### Functional earthing

A *functional earth* connection serves a purpose other than electrical safety, and may carry current as part of normal operation.<sup>[1]</sup> The most important example of a functional earth is the neutral in an electrical supply system when it is a current-carrying conductor connected to the earth electrode at the source of electrical power. Other examples of devices that use functional earth connections include surge suppressors and electromagnetic interference filters.

### Low-voltage systems

In low-voltage distribution networks, which distribute the electric power to the widest class of end users, the main concern for design of earthing systems is safety of consumers who use the electric appliances and their protection against electric shocks. The earthing system, in combination with protective devices such as fuses and residual current devices, must ultimately ensure that a person must not come into touch with a metallic object whose potential relative to the person's potential exceeds a "safe" threshold, typically set at about 50 V.

On electricity networks with a system voltage of 240 V to 1.1 kV, which are mostly used in industrial / mining equipment / machines rather than publicly accessible networks, the earthing system design is as equally important from safety point of view as for domestic users.

In most developed countries, 220 V, 230 V, or 240 V sockets with earthed contacts were introduced either just before or soon after World War II, though with considerable national variation in popularity. In the United States and Canada, 120 V power outlets installed before the mid-1960s generally did not include a ground (earth) pin. In the developing world, local wiring practice may not provide a connection to an earthing pin of an outlet.

In the absence of a supply earth, devices needing an earth connection often used the supply neutral. Some used dedicated ground rods. Many 110 V appliances have polarized plugs to maintain a distinction between "line" and "neutral", but using the supply neutral for equipment earthing can be highly problematical. "line" and "neutral" might be accidentally reversed in the outlet or plug, or the neutral-to-earth connection might fail or be improperly installed. Even normal load currents in the neutral might generate hazardous voltage drops. For these reasons, most countries have now mandated dedicated protective earth connections that are now almost universal.

If the fault path between accidentally energized objects and the supply connection has low impedance, the fault current will be so large that the circuit overcurrent protection device (fuse or circuit breaker) will open to clear the ground fault. Where the earthing system does not provide a low-impedance metallic conductor between equipment enclosures and supply return (such as in a TT separately earthed system), fault currents are smaller, and will not necessarily operate the overcurrent protection device. In such case a residual current detector is installed to detect the current leaking to ground and interrupt the circuit.

### IEC terminology

International standard IEC 60364 distinguishes three families of earthing arrangements, using the two-letter codes **TN**, **TT**, and **IT**.

---



The first letter indicates the connection between earth and the power-supply equipment (generator or transformer):

"T" — Direct connection of a point with earth (Latin: terra)

"I" — No point is connected with earth (isolation), except perhaps via a high impedance.

The second letter indicates the connection between earth or network and the electrical device being supplied:

"T" — Earth connection is by a local direct connection to earth (Latin: terra), usually via a ground rod.

"N" — Earth connection is supplied by the electricity supply Network, either as a separate protective earth (PE) conductor or combined with the neutral conductor.

### Types of TN networks

In a TN earthing system, one of the points in the generator or transformer is connected with earth, usually the star point in a three-phase system. The body of the electrical device is connected with earth via this earth connection at the transformer. This arrangement is a current standard for residential and industrial electric systems particularly in Europe.<sup>[3]</sup>

The conductor that connects the exposed metallic parts of the consumer's electrical installation is called *protective earth (PE)*; see also: Ground). The conductor that connects to the star point in a three-phase system, or that carries the return current in a single-phase system, is called *neutral (N)*. Three variants of TN systems are distinguished:

#### TN-S

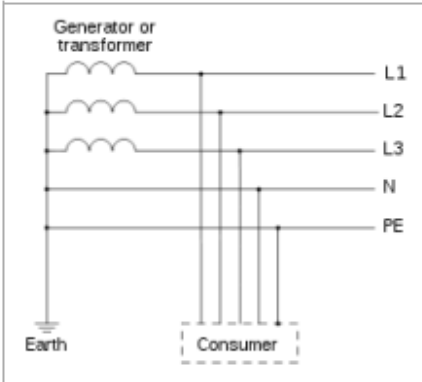
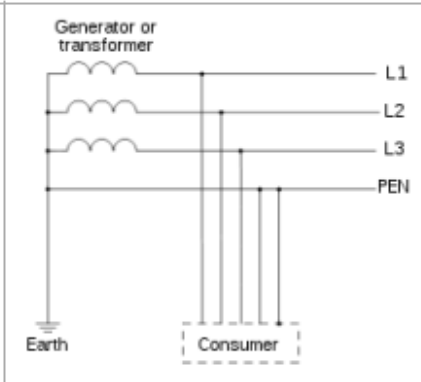
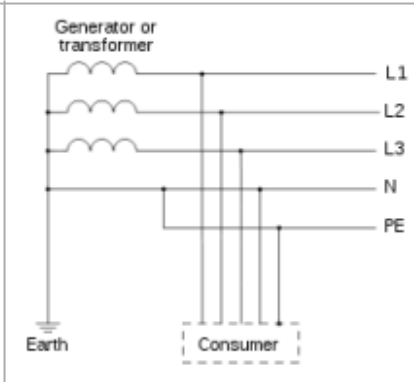
PE and N are separate conductors that are connected together only near the power source.

#### TN-C

A combined PEN conductor fulfils the functions of both a PE and an N conductor. (on 230/400v systems normally only used for distribution networks)

#### TN-C-S

Part of the system uses a combined PEN conductor, which is at some point split up into separate PE and N lines. The combined PEN conductor typically occurs between the substation and the entry point into the building, and earth and neutral are separated in the service head. In the UK, this system is also known as *protective multiple earthing (PME)*, because of the practice of connecting the combined neutral-and-earth conductor to real earth at many locations, to reduce the risk of electric shock in the event of a broken PEN conductor. Similar systems in Australia and New Zealand are designated as *multiple earthed neutral (MEN)* and, in North America, as *multi-grounded neutral (MGN)*.

		
<p><b>TN-S:</b> separate protective earth (PE) and neutral (N) conductors from transformer to consuming device, which are not connected together at any point after the building distribution point.</p>	<p><b>TN-C:</b> combined PE and N conductor all the way from the transformer to the consuming device.</p>	<p><b>TN-C-S earthing system:</b> combined PEN conductor from transformer to building distribution point, but separate PE and N conductors in fixed indoor wiring and flexible power cords.</p>

It is possible to have both TN-S and TN-C-S supplies taken from the same transformer. For example, the sheaths on some underground cables corrode and stop providing good earth connections, and so homes where high resistance "bad earths" are found may be converted to TN-C-S. This is only possible on a network when the neutral is suitably robust against failure, and conversion is not always possible. The PEN must be suitable reinforced against failure, as an open circuit PEN can impress full phase voltage on any exposed metal connected to the system earth downstream of the

break. The alternative is to provide a local earth and convert to TT. The main attraction of a TN network is the low impedance earth path allows easy automatic disconnection (ADS) on a high current circuit in the case of a line-to-PE short circuit as the same breaker or fuse will operate for either L-N or L-PE faults, and an RCD is not needed to detect earth faults.

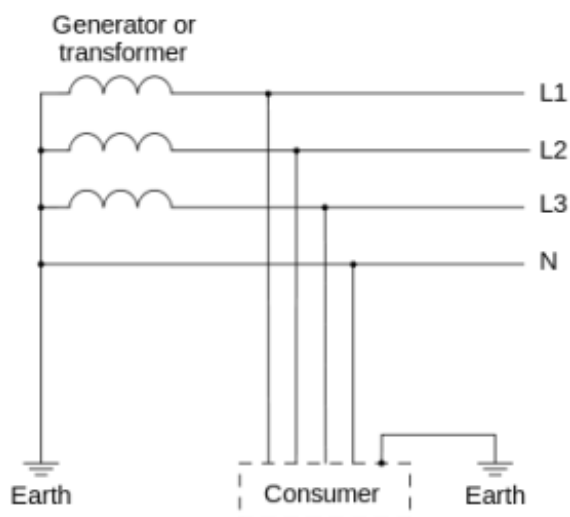
### TT network

In a TT (Terra-Terra) earthing system, the protective earth connection for the consumer is provided by a local earth electrode, (sometimes referred to as the Terra-Firma connection) and there is another independently installed at the generator. There is no 'earth wire' between the two. The fault loop impedance is higher, and unless the electrode impedance is very low indeed, a TT installation should always have an RCD (GFCI) as its first isolator.

The big advantage of the TT earthing system is the reduced conducted interference from other users' connected equipment. TT has always been preferable for special applications like telecommunication sites that benefit from the interference-free earthing. Also, TT networks do not pose any serious risks in the case of a broken neutral. In addition, in locations where power is distributed overhead, earth conductors are not at risk of becoming live should any overhead distribution conductor be fractured by, say, a fallen tree or branch.

In pre-RCD era, the TT earthing system was unattractive for general use because of the difficulty of arranging reliable automatic disconnection (ADS) in the case of a line-to-PE short circuit (in comparison with TN systems, where the same breaker or fuse will operate for either L-N or L-PE faults). But as residual current devices mitigate this disadvantage, the TT earthing system has become much more attractive providing that all AC power circuits are RCD-protected. In some countries (such as the UK) is recommended for situations where an low impedance equipotential zone is impractical to maintain by bonding, where there is significant outdoor wiring, such as supplies to mobile homes and some agricultural settings, or where a high fault current could pose other dangers, such as at fuel depots or marinas.

The TT earthing system is used throughout Japan, with RCD units in most industrial settings. This can impose added requirements on variable frequency drives and switched-mode power supplies which often have substantial filters passing high frequency noise to the ground conductor.



### IT network

In an IT network, the electrical distribution system has no connection to earth at all, or it has only a high impedance connection.

### Comparison

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

### Other terminologies

While the national wiring regulations for buildings of many countries follow the IEC 60364 terminology, in North America (United States and Canada), the term "equipment grounding conductor" refers to equipment grounds and ground wires on branch circuits, and "grounding electrode conductor" is used for conductors bonding an earth ground rod (or similar) to a service panel. "Grounded conductor" is the system "neutral". Australian and New Zealand standards use a modified PME earthing system called Multiple Earthed Neutral (MEN). The neutral is grounded(earthed) at each consumer service point thereby effectively bringing the neutral potential difference to zero along the whole length of LV lines. In the UK and some Commonwealth countries, the term "PNE", meaning Phase-Neutral-Earth is used to indicate that three (or more for non-single-phase connections) conductors are used, i.e., PN-S.

### Resistance-earthed neutral (India)<sup>[4]</sup>

Similar to HT system, resistance earth system is also introduced for mining in India as per Central Electricity Authority Regulations for LT system ( $1100\text{ V} > \text{LT} > 230\text{ V}$ ). In place of solid earthing of star neutral point a suitable neutral grounding resistance (NGR) is added in between, restricting the earth leakage current up to 750 mA. Due to the fault current restriction it is more safe for gassy mines.

As earth leakage is restricted, leakage protection has highest limit for input of 750 mA only. In solid earthed system leakage current can go up to short circuit current, here it is restricted to maximum 750 mA. This restricted operating current reduce overall operating efficiency of leakage relay protection. Importance of efficient and most reliable protection has increased for safety, against electric shock in mines.

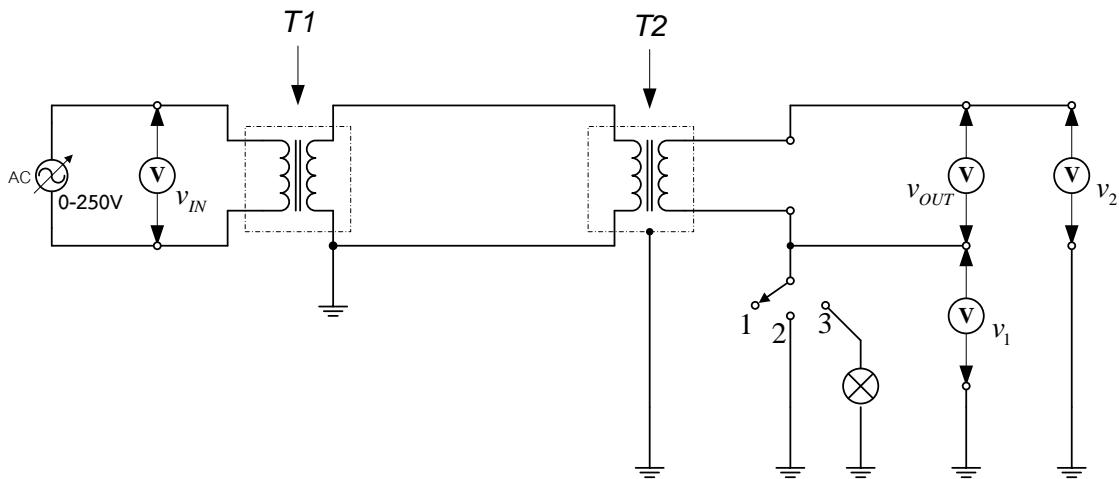
In this system there are possibilities that the resistance connected get open. To avoid this additional protection to monitor the resistance is deployed, which disconnect power in case of the fault.<sup>[5]</sup>



ภาคผนวก

**Transformer Un-Ground Connection**

### Transformer Un-Ground Connection



รูปที่ 1 Circuit diagram connection

การทดลองเพื่อจำลองระบบการจ่ายพลังงานจากการไฟฟ้าภูมิภาคและนครหลวง ไปยังผู้ใช้งานที่ต่อหม้อแปลงไฟฟ้าแบบวาย-เดลต้า (WYE-DELTA) หรือไมเก้ (DELTA-DELTA) โดยการทดลองระบบไม่ต่อลงดิน (Un-ground) เทียบกับต่อลงดิน (ground) โดยใช้ selector switch แบบ 3 ตำแหน่ง ดังแสดงในรูปที่ 1 ในการทดลองจะทำการต่อ Ground ทั้งหมด 3 แบบด้วยกัน คือ แบบที่ 1 เป็นแบบ Un-ground แบบที่ 2 เป็นแบบ Solid ground แบบที่ 3 เป็นแบบ Neutral Grounding Resistance (NGR) ใช้หม้อแปลงไฟฟ้า T1 เป็นการจำลองเป็นแหล่งจ่ายจากการจ่ายพลังงานจากการไฟฟ้าภูมิภาคและนครหลวง ที่จะส่งไปตามสายส่งแรงดันสูง หม้อแปลงไฟฟ้า T2 เป็นการจำลองหม้อแปลงของบริษัทจะลดแรงดันจากสายส่งแรงดันสูงลงมาเป็นระดับแรงดันที่เหมาะสมสำหรับโรงงานเช่น 220V/380V, 230V/400V หรือ 6000V เป็นต้น ถ้าระบบเป็นแบบ WYE จะมีการต่อ Ground ที่จุด Neutral แต่ถ้าเป็นระบบ DELTA จะมีบางส่วนที่ไม่เข้าใจถึงวิธีการต่อ Ground การทดลองนี้จะทำการทดลองผลของการต่อ Ground การทดลองจะทดลองแบบ single phase ระดับแรงดันสายส่งจะถูกปรับค่าได้ ทำการทดลองโดยปรับแรงดันไฟฟ้าด้านเข้า  $v_{IN}$  ตั้งแต่ 0 ถึง 250 โวลต์ หรือตั้งแต่ 0 ถึง 100 โวลต์ ซึ่งผลการทดลองเปลี่ยนแรงดันไฟฟ้าสูงสุดตามแต่ละชนิดของหม้อแปลงเช่น Dry type, Oil type และ Cast-resin

#### การทดลองที่ 1

เป็นการทดลองใช้หม้อแปลงไฟฟ้า T1 เป็นแบบ Dry type ที่มีอัตราส่วน 220:5000 หม้อแปลงไฟฟ้า T2 เป็นแบบ Dry type ที่มีอัตราส่วน 5000:220 ซึ่งรูปการทดลองต่อวงจรจริงแสดงดังในรูปที่ 2 ในการทดลองจะทำการต่อ Ground ทั้งหมด 3 แบบด้วยกัน คือ แบบที่ 1 เป็นแบบ Un-ground แบบที่ 2 เป็นแบบ Solid ground แบบที่ 3 เป็นแบบ Neutral Grounding Resistance (NGR) ทำการทดลองโดยปรับแรงดันไฟฟ้าด้านเข้า  $v_{IN}$  ตั้งแต่ 0 ถึง 250 โวลต์ ซึ่งผลการทดลองจะเป็นดังตารางที่ 1.1 ถึง 1.3



รูปที่ 2 รูปการทดลองต่อวงจรจริง

ตารางที่ 1.1 แบบ Un-ground

$v_{IN}$	0	50	100	150	200	250	volts
$v_{OUT}$	0	50.9	101.4	151.2	200.1	249.8	volts
$v_1$	0	262.5	521.7	771	1021.5	1249.5	volts
$v_2$	0	219.75	451.5	664.5	882	1102.5	volts

ตารางที่ 1.2 แบบ Solid ground

$v_{IN}$	0	50	100	150	200	250	volts
$v_{OUT}$	0	51.1	100.8	151.0	200.0	247.5	volts
$v_1$	0	0	0	0	0	0	volts
$v_2$	0	51.2	101.0	151.2	200.7	247.6	volts

ตารางที่ 1.3 แบบ Neutral Grounding Resistance (NGR)

$v_{IN}$	0	50	100	150	200	250	volts
$v_{OUT}$	0	50.9	101.4	151.0	201.2	247.5	volts
$v_1$	0	0	0	0	0	0	volts
$v_2$	0	50.6	101.6	150.0	200.0	247.3	volts

## การทดลองที่ 2

เป็นการทดลองใช้หม้อแปลงไฟฟ้า T1 เป็นแบบ Oil type ที่มีอัตราส่วน 220:12702 หม้อแปลงไฟฟ้า T2 เป็นแบบ Oil type ที่มีอัตราส่วน 22000:110,220 ซึ่งรูปการทดลองต่อวงจรจริงแสดงดังในรูปที่ 3 ในการทดลองจะทำการต่อ Ground ทั้งหมด 3 แบบด้วยกัน คือ แบบที่ 1 เป็นแบบ Un-ground แบบที่ 2 เป็นแบบ Solid ground แบบที่ 3 เป็นแบบ Neutral Grounding Resistance (NGR) ทำการทดลองโดยปรับแรงดันไฟฟ้าด้านเข้า  $v_{IN}$  ตั้งแต่ 0 ถึง 250 โวลต์ ซึ่งผลการทดลองจะเป็นดังตารางที่ 2.1 ถึง 2.3





รูปที่ 3 รูปการทดลองต่อวงจรจริง

ตารางที่ 2.1 แบบ Un-ground

$V_{IN}$	0	50	100	150	200	250	volts
$V_{OUT}$	0	26.9	53.1	79.2	105.6	132.2	volts
$V_1$	0	2656	4816	7760	10016	12064	volts
$V_2$	0	2432	4800	7136	9312	11280	volts

ตารางที่ 2.2 แบบ Solid ground

$V_{IN}$	0	50	100	150	200	250	volts
$V_{OUT}$	0	27.0	53.5	80.0	106.6	132.9	volts
$V_1$	0	0	0	0	0	0	volts
$V_2$	0	27.0	53.5	80.1	106.5	133.0	volts

ตารางที่ 2.3 แบบ Neutral Grounding Resistance (NGR)

$V_{IN}$	0	50	100	150	200	250	volts
$V_{OUT}$	0	26.9	53.3	80.3	106.9	132	volts
$V_1$	0	0	0	0	0	0	volts
$V_2$	0	27.0	53.3	80.3	106.8	132	volts

### การทดลองที่ 3

เป็นการทดลองใช้หม้อแปลงไฟฟ้า T1 เป็นแบบ Cast-resin type ที่มีอัตราส่วน 110:22000 หม้อแปลงไฟฟ้า T2 เป็นแบบ Cast-resin type ที่มีอัตราส่วน 22000:110 ซึ่งรูปการทดลองต่อวงจรจริงแสดงดังในรูปที่ 4 ในการทดลองจะทำการต่อ Ground ทั้งหมด 3 แบบด้วยกัน คือ แบบที่ 1 เป็นแบบ Un-ground แบบที่ 2 เป็นแบบ Solid ground แบบที่ 3 เป็นแบบ Neutral Grounding Resistance (NGR) ทำการทดลองโดยปรับแรงดันไฟฟ้าด้านเข้า  $V_{IN}$  ตั้งแต่ 0 ถึง 100 โวลต์ ซึ่งผลการทดลองจะเป็นดังตารางที่ 3.1 ถึง 3.3



รูปที่ 4 รูปการทดลองต่อวงจรจริง

ตารางที่ 3.1 แบบ Un-ground

$V_{IN}$	0	25	50	75	100	volts
$V_{OUT}$	0	25.5	50.6	75	100.3	volts
$V_1$	0	118.4	224	356.8	472	volts
$V_2$	0	48	96	142.4	190.4	volts

ตารางที่ 3.2 แบบ Solid ground

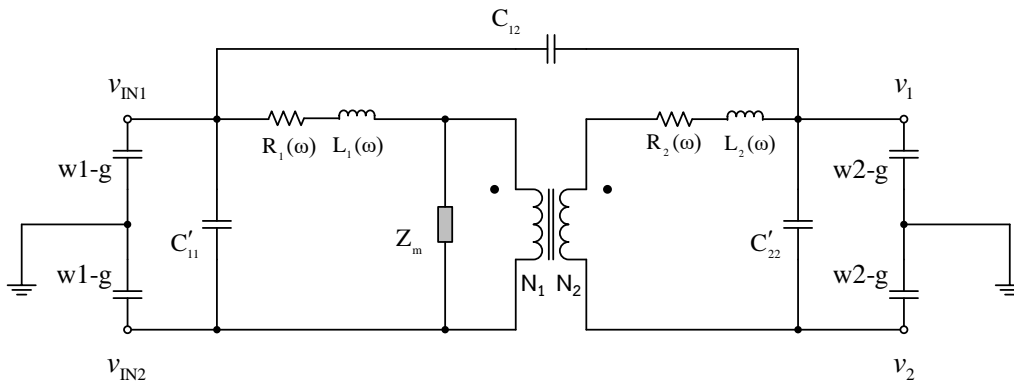
$V_{IN}$	0	25	50	75	100	volts
$V_{OUT}$	0	25.7	50.6	75.5	100.4	volts
$V_1$	0	0	0	0	0	volts
$V_2$	0	25.7	50.6	75.5	100.4	volts

ตารางที่ 3.3 แบบ Neutral Grounding Resistance (NGR)

$V_{IN}$	0	25	50	75	100	volts
$V_{OUT}$	0	25.7	50.5	75.3	100.1	volts
$V_1$	0	0	0	0	0	volts
$V_2$	0	25.7	50.5	75.2	100	volts

### สรุปผลการทดลอง

ในระบบที่ไม่ได้ต่อลง ground หรือที่เรียกว่า un-ground ค่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมระหว่างขดลวด secondary กับ ตัวถังของหม้อแปลงที่ต่อลง ground คือ  $V_1$  หรือไมก็  $V_2$  จะมีค่าสูง โดยเฉพาะหม้อแปลงแบบ oil มีค่าเกือบเท่าแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายจากแหล่งคือประมาณ 12,000 โวลต์ เหตุผลอันเนื่องมาจากค่า capacitance ที่เชื่อมต่อระหว่างขด primary กับ ขด secondary และ ขด secondary กับตัวถังของหม้อแปลง ดังวงจรเทียบเคียงรูปที่ 5



รูปที่ 5 วงจรเทียบเคียงที่มี

$V_{IN1}$ ,  $V_{IN2}$  เป็นต้นและปลายของขดลวด primary

$V_1$ ,  $V_2$  เป็นต้นและปลายของขดลวด secondary

$C_{12}$  เป็น winding to winding capacitance ที่เชื่อมต่อระหว่างขด primary กับ ขด secondary

$C_{w1-g}$  เป็น stray capacitance ที่เชื่อมต่อระหว่างขด primary กับตัวถังหม้อแปลง

$C_{w2-g}$  เป็น stray capacitance ที่เชื่อมต่อระหว่างขด secondary กับตัวถังหม้อแปลง

เมื่อค่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมระหว่างขดลวด secondary กับ ตัวถังของหม้อแปลงที่ต่อลง ground คือ  $V_1$  หรือ  $V_2$  จะมีค่าสูง จะมีโอกาสทำให้ค่าสูงเกินกว่าค่า **dielectric strength** ของน้ำมันจะทนไม่ได้ ทำให้เมื่อใช้ไปนาน ๆ ระยะเวลาหนึ่งจะมีการรั่วไหลของกระแสไฟฟ้า โดยเฉพาะส่วนที่มีความแหลมคม จะมีโอกาสมีกระแสรั่วไหลได้ง่ายกว่า จากนั้นจะทำให้้ำมันมีส่วนผสมของคาร์บอนมากขึ้นเรื่อย ๆ จนน้ำมันหมดสภาพของการเป็นฉนวน ค่า **dielectric strength** ของน้ำมันลดลง จะทำให้เกิดการอาร์คอย่างรุนแรงขึ้นได้

\* ค่า **dielectric strength** มาตรฐานน้ำมันกำหนดไว้ที่ค่าสูงกว่า 30 kV



**ภาคผนวก**  
**การหาขนาดของสายกราวด์**

## การหาขนาดของสายกราวด์

### ตัวอย่าง การหาขนาดของสายกราวด์

โรงงานอุตสาหกรรมแห่งหนึ่งติดตั้งหม้อแปลงขนาด 1,250 kVA. แรงดัน 24 kV/416-240 V 3 เฟส 4 สาย ทางด้านแรงต่ำ เดินสายบนรางเคเบิล (ข) ควรจะใช้สายต่อหลักดินขนาดเท่าใด

### วิธีทำ

หาขนาดพิกัดกระแส (ด้านแรงต่ำของหม้อแปลง)

$$\text{จาก } S = VI\sqrt{3}$$

$$\text{หา } I = \frac{S}{V\sqrt{3}} = \frac{1250 \times 10^3}{416 \times \sqrt{3}} = 1734 \text{ A}$$

หาสายประธานสำหรับหม้อแปลง

$$\text{จาก } I_c = 1.25 \times I_{FL}$$

$I_c$  คือ ขนาดกระแสของสายประธาน

$I_{FL}$  คือ ขนาดกระแสเต็มพิกัดของหม้อแปลงไฟฟ้า

$$\text{ขนาดกระแสของสายเฟส } I_c = 1.25 \times 1734 = 2167 \text{ A}$$

เดินสายไฟในรางเคเบิล (ข) โดยเลือกใช้สายขนาด 300 ตร.มม. คูในตารางที่ 1-2

$$\text{ต้องควบสาย} = \frac{2167}{444} = 4.88 \text{ ดังนั้น ต้องเลือกใช้สายควบ 5 เส้น}$$

รวมขนาดของสายเฟส  $5 \times 300 = 1500$  ตร.มม. เนื่องจากขนาดสายเฟสรวมใหญ่กว่า 500 ตร.มม. ให้ใช้ 12.5% ของสายเฟสรวม จะได้  $1500 \times 0.125 = 187$  ตร.มม.

ดังนั้นควรใช้สายกราวด์ที่ต่อลงดินขนาด **185 ตร.มม.**

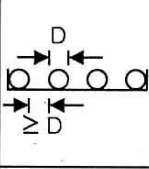
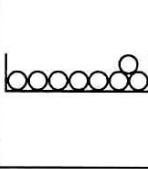
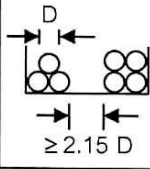
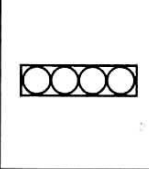
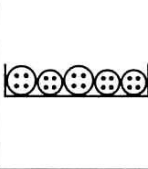
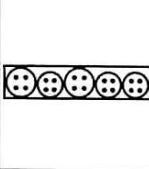
### ตารางที่ 1-1

ขนาดต่ำสุดของสายต่อหลักดินของระบบไฟฟ้ากระแสสลับ

ขนาดตัวนำประธาน (ตัวนำทองแดง) (ตร.มม.)	ขนาดต่ำสุดของสายต่อหลักดิน (ตัวนำทองแดง) (ตร.มม.)
ไม่เกิน 35	10*
เกิน 35 แต่ไม่เกิน 50	16
เกิน 50 แต่ไม่เกิน 95	25
เกิน 95 แต่ไม่เกิน 185	35
เกิน 185 แต่ไม่เกิน 300	50
เกิน 300 แต่ไม่เกิน 500	70
เกิน 500	95

**หมายเหตุ** \* แนะนำให้ติดตั้งในท่อโลหะหนา ท่อโลหะหนาปานกลาง ท่อโลหะบาง หรือท่อโลหะ และการติดตั้งสอดคล้องตามข้อ 5.4 และ 5.8

ตารางที่ 1-2

ขนาดสาย (ตร.มม.)	ขนาดกระแส (แอมแปร์)					
	วิธีการเดินสาย (หมายเหตุ 1)					
						
ก	ข	ค	ง	จ	ฉ	
1	-	-	-	-	11	10
1.5	-	-	-	-	14	13
2.5	-	-	-	-	18	17
4	-	-	-	-	24	23
6	-	-	-	-	31	29
10	-	-	-	-	43	41
16	-	-	-	-	56	53
25	-	-	-	-	77	73
35	-	-	-	-	95	90
50	169	110	143	101	119	113
70	217	141	183	130	148	140
95	271	176	230	163	187	178
120	316	205	267	190	214	203
150	364	237	308	218	251	238
185	424	276	360	254	287	273
240	509	331	432	305	344	327
300	592	444	504	414	400	393
400	696	522	593	487	-	-
500	818	613	699	572	-	-



**ภาคผนวก**  
**Ground Resistance**

## **14. Evaluation of ground resistance**

### **14.1 Usual requirements**

A good grounding system provides a low resistance to remote earth in order to minimize the GPR. For most transmission and other large substations, the ground resistance is usually about 1  $\Omega$  or less. In smaller distribution substations, the usually acceptable range is from 1  $\Omega$  to 5  $\Omega$ , depending on the local conditions.