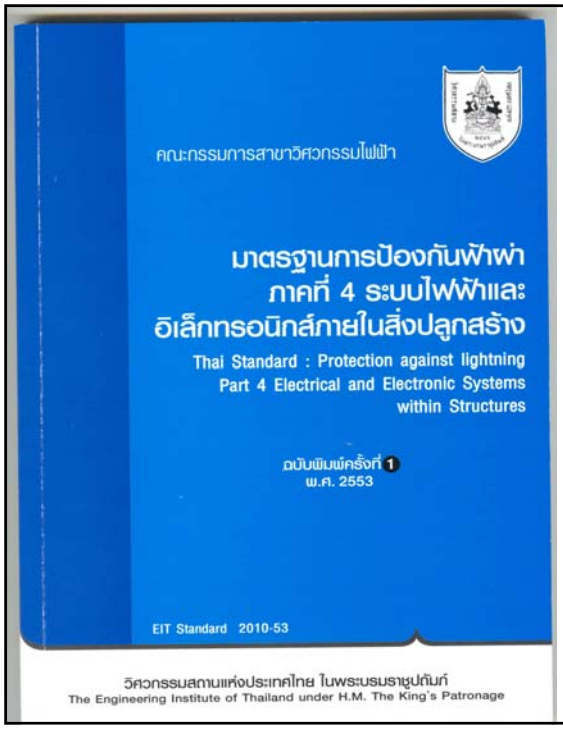
การป้องกันฟ้าผ่าภาคที่ 4

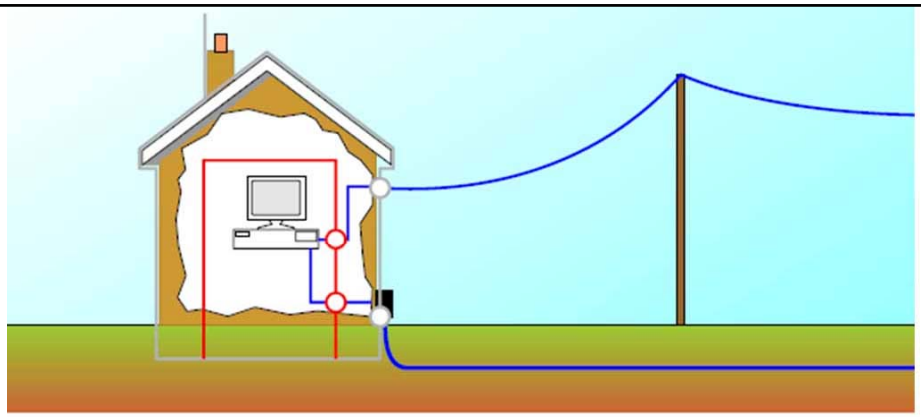
วิวัฒน์ กุลวงศ์วิทย์



คณะอนุกรรมการ

1.	รศ.ดร.สำรวย	สังข์สะอาด	ที่ปรึกษา
2.	นายโสภณ	ศิลาพันธ์	ที่ปรึกษา
3.	นายประสิทธิ์	เหมวราพรชัย	ที่ปรึกษา
4.	นายสมชาย	หอมกลิ่นแก้ว	ที่ปรึกษา
5.	นายอรรถ	พยอมหอม	ที่ปรึกษา
6.	นายสมศักดิ์	นิติศฤงคาริน	ที่ปรึกษา
7.	ผศ.ดร.โสตถิพงศ์	พิชัยสวัสดิ์	ที่ปรึกษา
8.	ผศ.ดร.ปฐมทัศน์	จิระเดชะ	ที่ปรึกษา
9.	ดร.ณัฐภพ	นิ่มปิติวัน	ที่ปรึกษา
10.	นายปราการ	กาญจนวตี	ที่ปรึกษา
11.	นายเกียรติ	อัชรพงศ์	ที่ปรึกษา
12.	นายอธิคม	แซ่ลิ้ม	ที่ปรึกษา

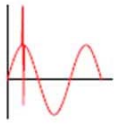
13.	นายวิวัฒน์	กุลวงศ์วิทย์	ประธาน
14.	นายสุกิจ	เกียรติบุญศรี	อนุกรรมการ
15.	นายบุญมาก	สมิทธิลีลา	อนุกรรมการ
16.	นายกิตติศักดิ์	วรรณแก้ว	อนุกรรมการ
17.	นายอุทัย	จิตเสรี	อนุกรรมการ
18.	ดร.วินัย	พฤกษะวัน	อนุกรรมการ
19.	ดร.นาตยา	คล้ายเรือง	อนุกรรมการ
20.	นางสาวนพดา	ธีรอัจฉริยกุล	อนุกรรมการ
21.	นางสาวเทพกัญญา	ขัติแสง	อนุกรรมการ
22.	นายวีระพันธ์	รังสีวิจิตรประภา	อนุกรรมการ
23.	นายโสภณ	สิกขโกศล	อนุกรรมการ
24.	นายบุญศักดิ์	เกียรติจรูญเลิศ	อนุกรรมการ
25.	นางสาวพุทธพร	ศรียะพันธ์	อนุกรรมการ
26.	นายศิริชัย	คันธมาส	อนุกรรมการ
27.	นายชายชาญ	โพธิสาร	อนุกรรมการ และเลขานุการ
28.	นางสาวเมตตา	หมอนเขื่อน	เจ้าหน้าที่ประสานงานวิชาการ



IEC 62305-4 Protection of electronic systems

LPMS (LEMP Protection Measures System)

- Complete system of protection measures for internal systems against LEMP.



Typical Lightning Damage

บทที่ 1
ขอบข่าย

มาตรฐานนี้จัดให้ข้อมูลสำหรับการออกแบบ การติดตั้ง การตรวจสอบ การบำรุงรักษา และการทดสอบของระบบมาตรการป้องกันอิมพัลส์แม่เหล็กไฟฟ้าจากฟ้าผ่า สำหรับระบบไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ภายในสิ่งปลูกสร้าง สามารถลดความเสี่ยงที่จะเกิดความล้มเหลวถาวรเนื่องจากอิมพัลส์แม่เหล็กไฟฟ้าจากฟ้าผ่า

มาตรฐานนี้ไม่ครอบคลุมถึงการป้องกันการรบกวนของแม่เหล็กไฟฟ้าเนื่องจากฟ้าผ่า ซึ่งอาจทำให้ระบบอิเล็กทรอนิกส์ทำงานผิดพลาด อย่างไรก็ตาม ข้อมูลที่รายงานไว้ในภาคผนวก ก สามารถใช้ประเมินการรบกวนดังกล่าวได้ด้วย มาตรการป้องกันการรบกวนจากแม่เหล็กไฟฟ้าครอบคลุมไว้ในมาตรฐาน IEC 60364-4-44 และชุด IEC 61000

มาตรฐานนี้จัดให้เป็นแนวทางสำหรับการประสานงานระหว่างผู้ออกแบบระบบไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ กับผู้ออกแบบมาตรการป้องกันแม่เหล็กไฟฟ้าจากฟ้าผ่า เพื่อให้บรรลุผลการป้องกันที่มีประสิทธิผลสูงสุด

มาตรฐานนี้ไม่เกี่ยวข้องกับการออกแบบอย่างละเอียดของระบบไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

บทที่ 2
มาตรฐานอ้างอิง

เอกสารอ้างอิงต่อไปนี้เป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งต่อการใช้เอกสารฉบับนี้ กรณีเอกสารอ้างอิงระบุปีจะใช้ฉบับที่กล่าวถึงเท่านั้น แต่หากเอกสารอ้างอิงไม่มีการระบุปี ให้ใช้เอกสารอ้างอิงปีล่าสุด (รวมถึงการปรับปรุงแก้ไขเพิ่มเติมด้วย)

IEC 60364-4-44: 2001, Electrical installations of buildings – Part 4-44: Protection for safety-Protection against voltage disturbances and electromagnetic disturbances

IEC 60364-5-53: 2001, Electrical installations of building – Part 5-53: Selection and erection of electrical equipment – Isolation, switching and control

IEC 60664-1: 2002, Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 1: Principles, requirements and tests

IEC 61000-4-5: 1995, Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-5: Testing and measurement techniques – Surge immunity test

IEC 61000-4-9: 1993, Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-9: Testing and measurement techniques – Pulse magnetic field immunity test

IEC 61000-4-10: 1993, Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-10: Testing and measurement techniques – Damped oscillatory magnetic field immunity test

IEC 61000-5-2: 1997, Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 5: Installation and mitigation guidelines – Section 2: Earthing and cabling

IEC 61643-1: 1998, Surge protective devices connected to low-voltage power distribution systems – Part 1: Performance requirements and testing methods

IEC 61643-12: 2002, Low-voltage surge protective devices – Part 12: Surge

บทที่ 3
คำและนิยาม

วัตถุประสงค์ของการใช้เอกสารนี้ ใช้คำและนิยามดังต่อไปนี้เช่นเดียวกับคำและนิยามที่ให้ไว้ในมาตรฐานภาคอื่น

3.1 ระบบไฟฟ้า (electrical system)
ระบบที่รวมถึง องค์ประกอบต่าง ๆ ของการจ่ายไฟแรงดันต่ำ

3.2 ระบบอิเล็กทรอนิกส์ (electronic system)
ระบบที่ประกอบด้วยองค์ประกอบอิเล็กทรอนิกส์ที่ไวต่อสิ่งรบกวน เช่น บริภัณฑ์โทรคมนาคม คอมพิวเตอร์ ระบบวัดและควบคุม ระบบวิทยุ สิ่งติดตั้งอิเล็กทรอนิกส์กำลัง

3.3 ระบบภายใน (internal systems)
ระบบไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ภายในสิ่งปลูกสร้าง

3.4 อิมพัลส์แม่เหล็กไฟฟ้าจากฟ้าผ่า (LEMP; lightning electromagnetic impulse)
ผลของแม่เหล็กไฟฟ้าจากกระแสฟ้าผ่า
หมายเหตุ ผลดังกล่าวรวมถึงผลของเสิร์จที่เกิดจากการนำ เช่นเดียวกับผลสนามแม่เหล็กไฟฟ้าอิมพัลส์ที่เกิดจากการแผ่

3.7 ระดับป้องกันฟ้าผ่า (lightning protection level; LPL)
ตัวเลขที่เกี่ยวข้องกับชุดของค่าพารามิเตอร์ของกระแสฟ้าผ่า โดยตัวเลขนี้สัมพันธ์กับความน่าจะเป็นที่ค่าสูงสุดและต่ำสุดที่ออกแบบ จะไม่เกินค่าที่เกิดจากฟ้าผ่าที่ปรากฏตามธรรมชาติ
หมายเหตุ ระดับป้องกันฟ้าผ่าใช้ในการออกแบบมาตรการป้องกัน มีความสัมพันธ์กับชุดของค่าพารามิเตอร์ของกระแสฟ้าผ่า

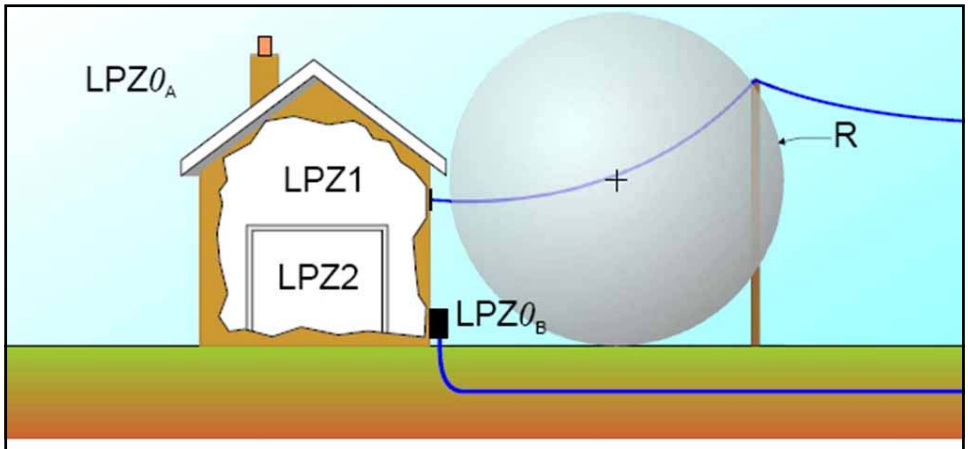
3.8 ย่านป้องกันฟ้าผ่า (lightning protection zone; LPZ)
ย่านซึ่งมีสภาพแวดล้อมทางแม่เหล็กไฟฟ้าของฟ้าผ่าได้กำหนดขึ้น
หมายเหตุ ขอบเขตของย่านป้องกันฟ้าผ่าไม่จำเป็นต้องเป็นขอบเขตของกายภาพ (เช่น ผนัง พื้น และเพดาน)

3.9 ระบบมาตรการป้องกันอิมพัลส์แม่เหล็กไฟฟ้าจากฟ้าผ่า (LEMP protection measures system; LPMS)
ระบบที่สมบูรณ์ของมาตรการป้องกันระบบภายในจากอิมพัลส์แม่เหล็กไฟฟ้าจากฟ้าผ่า

บทที่ 4
การออกแบบและการติดตั้ง
ระบบมาตรการป้องกันอิมพัลส์แม่เหล็กไฟฟ้าจากฟ้าผ่า (LPMS)

ระบบไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์มีโอกาสที่จะได้รับความเสียหายจากอิมพัลส์แม่เหล็กไฟฟ้าจากฟ้าผ่า ดังนั้น มาตรการป้องกันอิมพัลส์แม่เหล็กไฟฟ้าจากฟ้าผ่าจึงมีความจำเป็นที่ต้องจัดให้เพื่อหลีกเลี่ยงความล้มเหลวของระบบภายใน

การป้องกันอิมพัลส์แม่เหล็กไฟฟ้าจากฟ้าผ่าอาศัยพื้นฐานของแนวคิดของย่านป้องกันฟ้าผ่าคือ ปริมาตรที่มีระบบที่ต้องการป้องกันต้องแบ่งออกเป็นย่านป้องกันฟ้าผ่า ย่านป้องกันเหล่านี้ โดยทฤษฎีจะกำหนดปริมาตรของที่ว่างซึ่งระดับความรุนแรงของอิมพัลส์แม่เหล็กไฟฟ้าจากฟ้าผ่าจะสอดคล้องกับความคงทนของระบบภายในที่อยู่ในส่วนปิดล้อม (ดูรูปที่ 4.1) ย่านในลำดับถัดมาจะกำหนดตามความรุนแรงของอิมพัลส์แม่เหล็กไฟฟ้าจากฟ้าผ่าที่เปลี่ยนไปอย่างมีนัยสำคัญ ขอบเขตของย่านป้องกันฟ้าผ่าจะกำหนดโดยมาตรการป้องกันที่ใช้ (ดูรูปที่ 4.2)



- LPZ (Lightning Protection Zone)

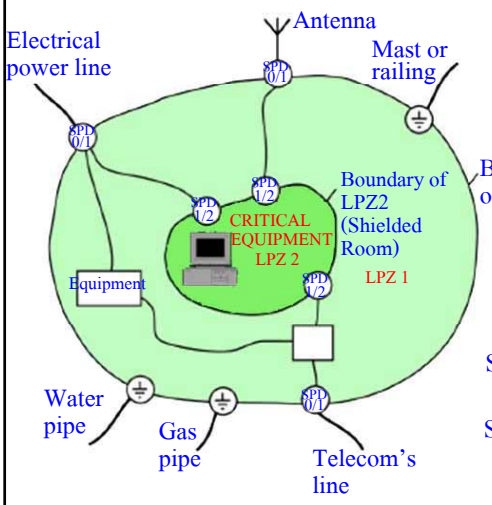
- zone (area) where lightning electromagnetic environment is defined

0_A Full current, full magnetic field, 0_B Partial/induced current full magnetic field

1 Limited induced current damped magnetic field

2 Limited induced current, further damped magnetic field

Basic Lightning Protection Zone LPZ concept-IEC 62305-4



LPZ 0 – most severe

Cross bond metallic services

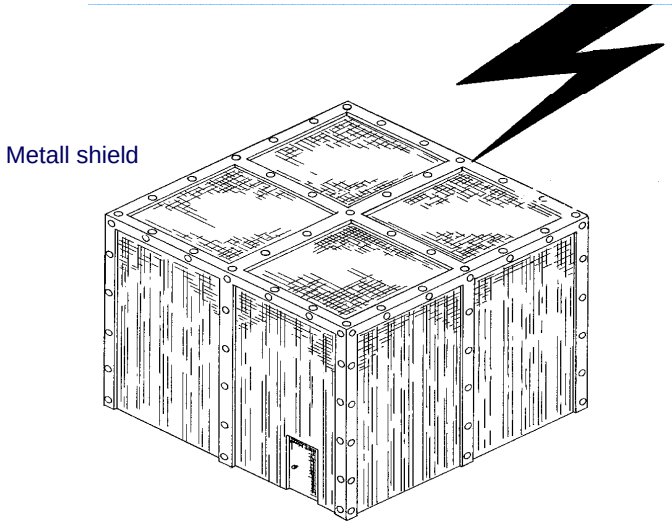
Transient protection (SPDs) installed on services entering each zone

SPD (Surge Protection Device) - device which limits transient overvoltages and diverts surge currents.

SPD 1/2 – Overvoltage Protection

SPD 0/1 – Lightning Current Protection

Faradayscher cage



Lightning Safe Environment

15

Lightning Safe Environment

16

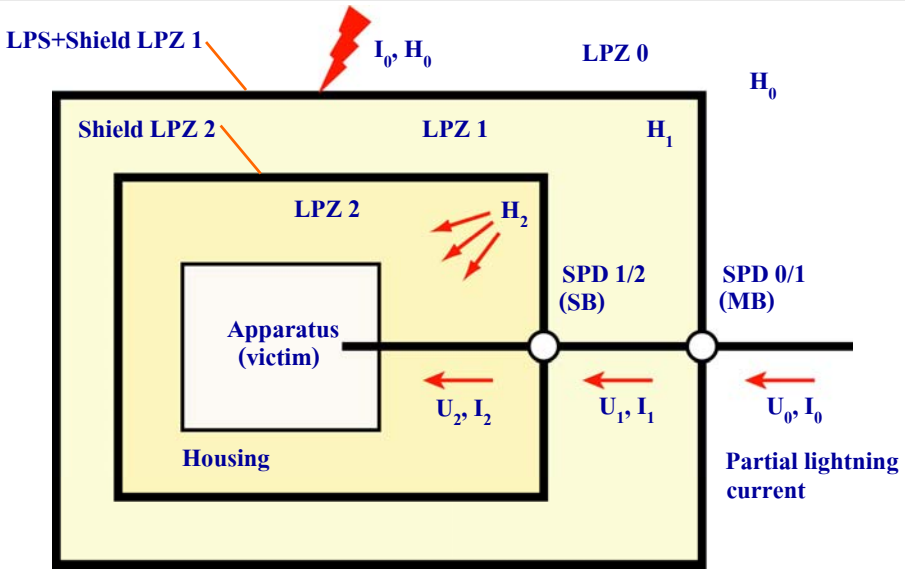
Terry Blake's
near Death Cage Experience

LPS (LPS Type I to IV) – Complete system used to reduce the danger of physical damages and injuries due to direct flashes to the structure. It consists of both external and internal LPS and is defined as a set of construction rules, based on corresponding protection level.

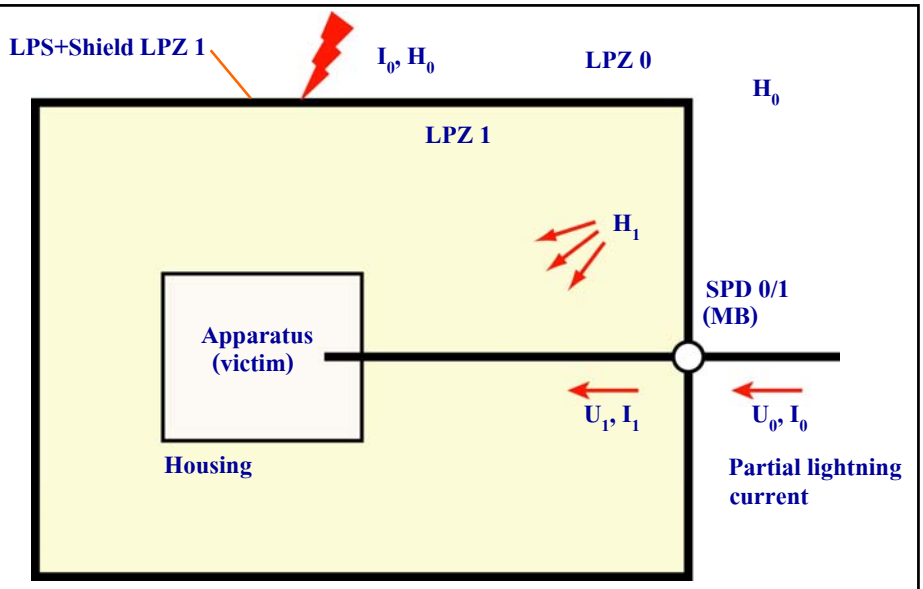
Lightning protection zone (LPZ) – With respect to the lightning threat, a zone may be defined, inside of which is sensitive equipment. Extra protection is applied at the zone boundary to minimize the risk of damage to equipment inside the zone

Protection level (I to IV) – Four protection levels of lightning protection. For each protection level, a set of maximum (sizing criteria) and minimum (interception criteria) lightning current parameters is fixed, together with the corresponding rolling sphere radius.

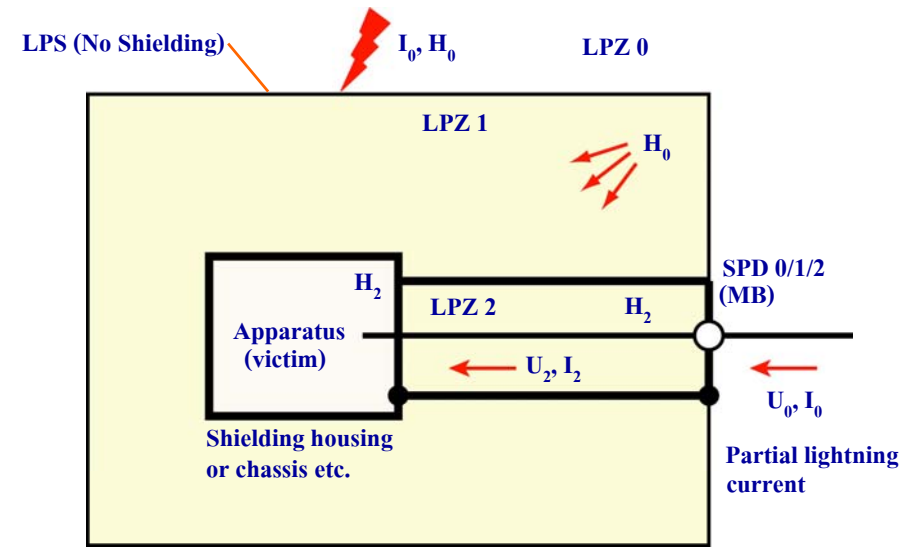
19



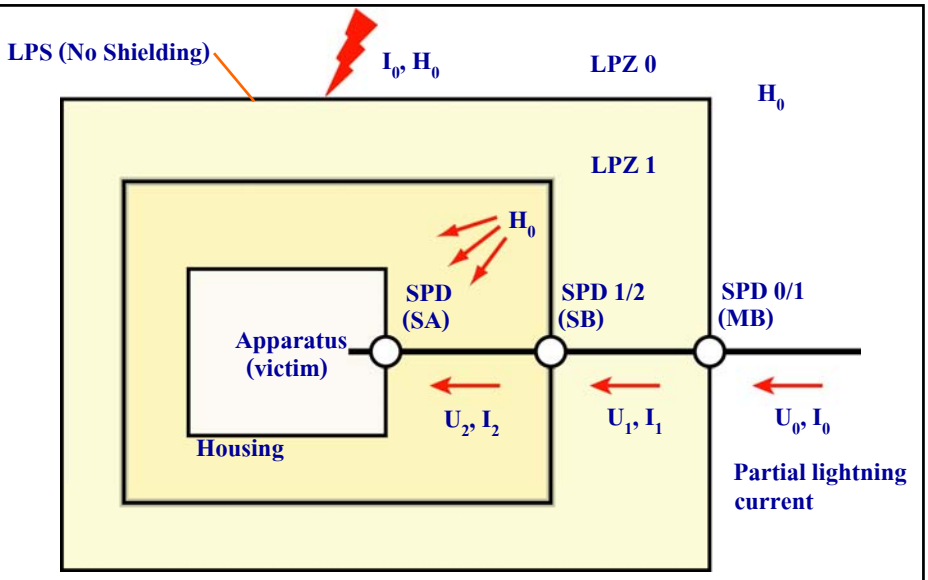
LPMS using spatial shields and "coordinated SPD protection"-Apparatus well protected against conducted surges ($U_2 << U_0$ and $I_2 << I_0$) and against radiated magnetic fields ($H_2 << H_0$)



LPMS using spatial shield of LPZ 1 and SPD protection at entry of LPZ 1-Apparatus protected against conducted surges ($U_1<U_0$ and $I_1<I_0$) and against radiated magnetic fields ($H_1<H_0$)

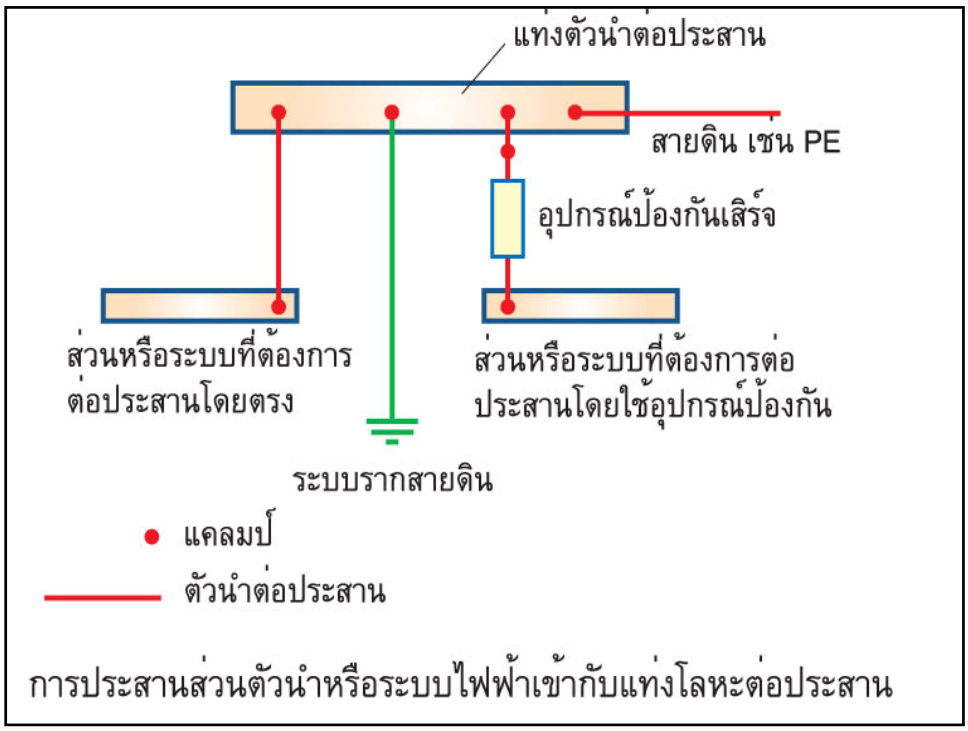


LPMS using internal line shielding and SPD protection at entry of LPZ 1-Apparatus protected against conducted surges ($U_2<U_0$ and $I_2<I_0$) and against radiated magnetic fields ($H_2<H_0$)

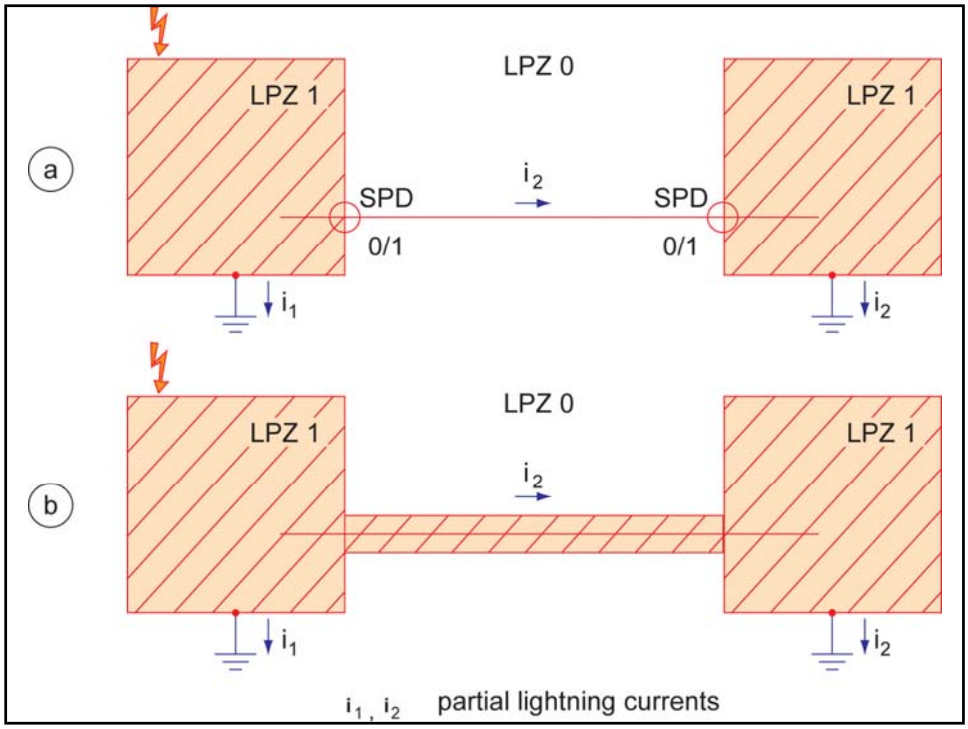


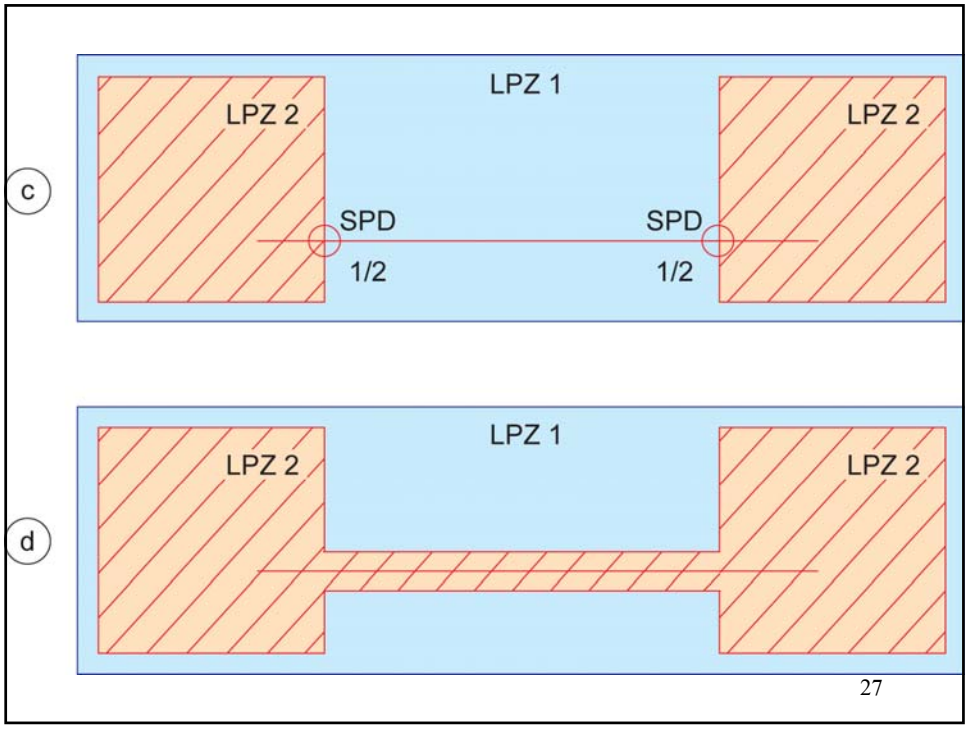
LPMS using "coordinated SPD protection" only -Apparatus protected against conducted surges ($U_2 << U_0$ and $I_2 << I_0$) but not against radiated magnetic fields (H_0)

If conductors of internal systems are neither screened nor located in metal conduits, they shall be bonded via SPDs. In TN systems, PE and PEN conductors shall be bonded to the LPS directly or with a SPD.

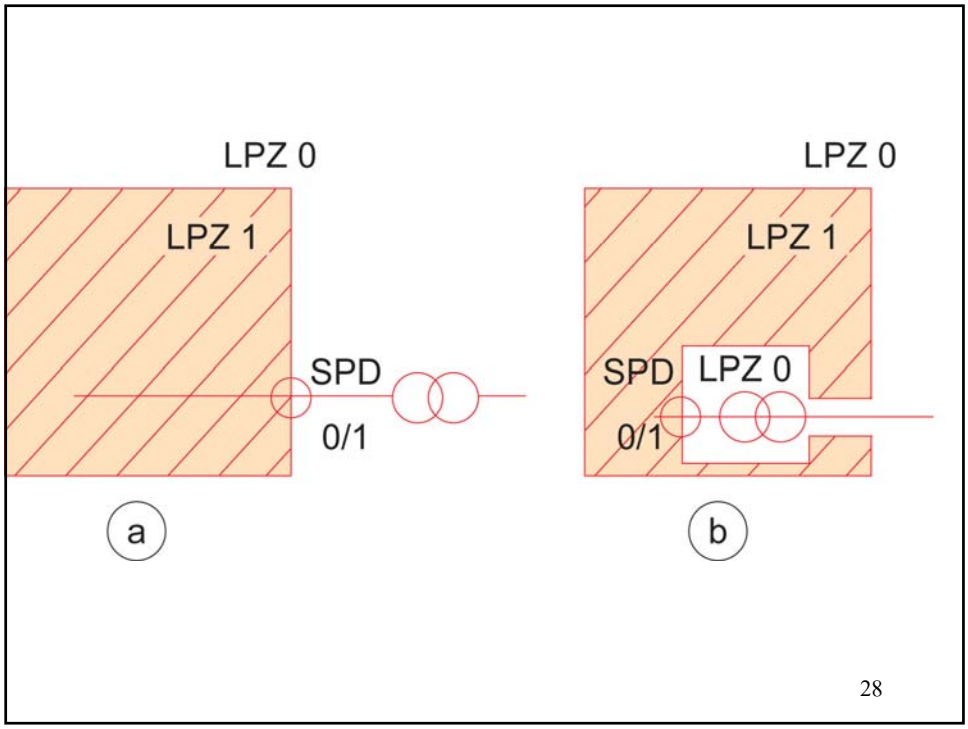


การประสานส่วนตัวนำหรือระบบไฟฟ้าเข้ากับแท่งโลหะต่อประสาน

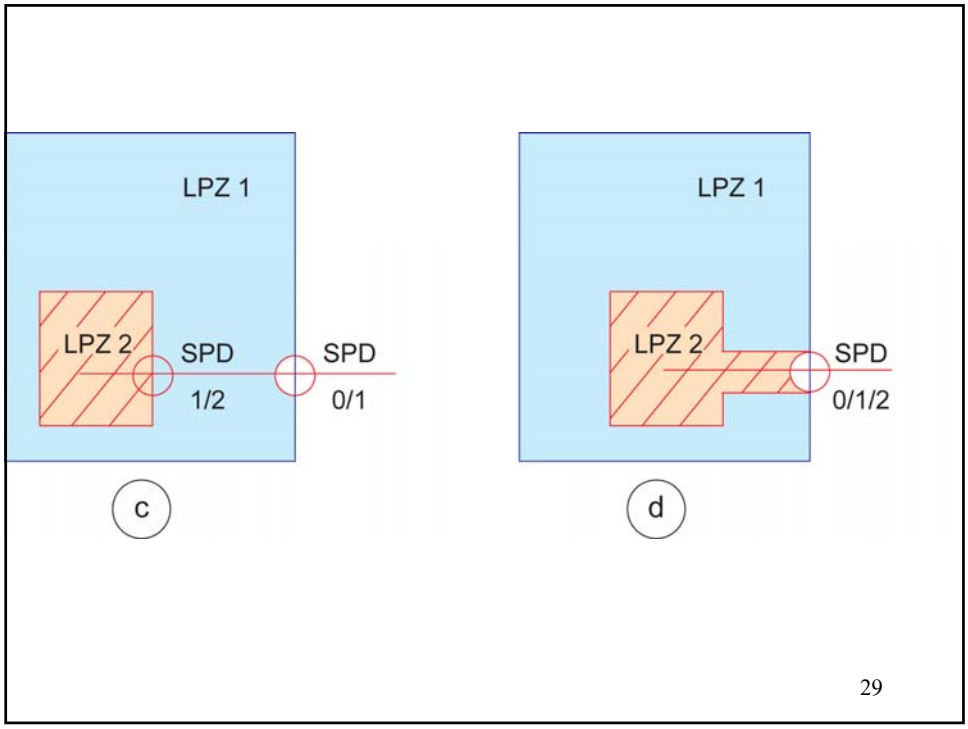



LPZ 1
LPZ 2
LPZ 2
c
SPD
1/2
SPD
1/2
LPZ 1
LPZ 2
LPZ 2
d

27


LPZ 0
LPZ 1
SPD
0/1
a
LPZ 0
LPZ 1
SPD
LPZ 0
0/1
b

28

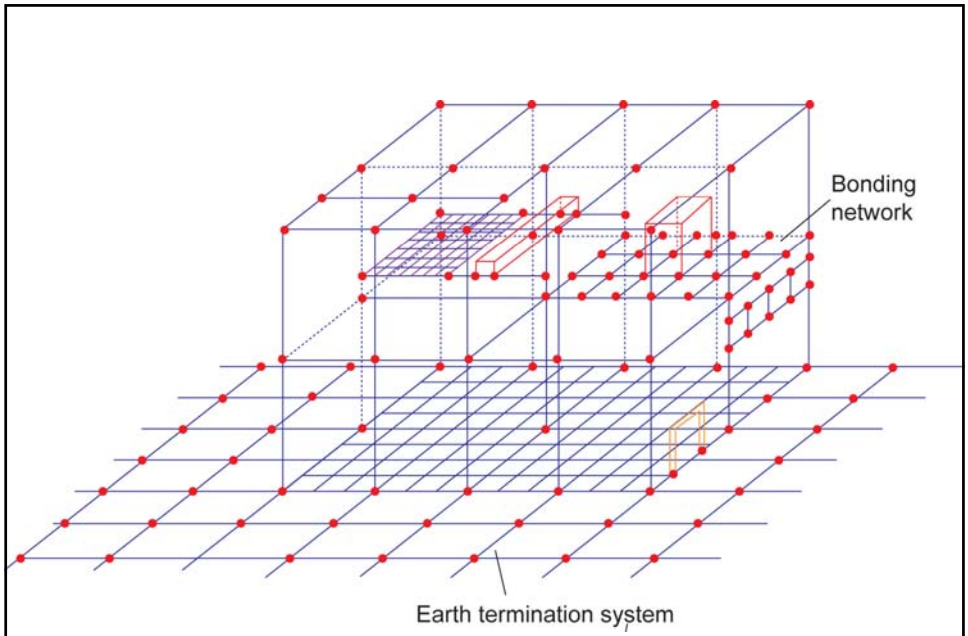


29

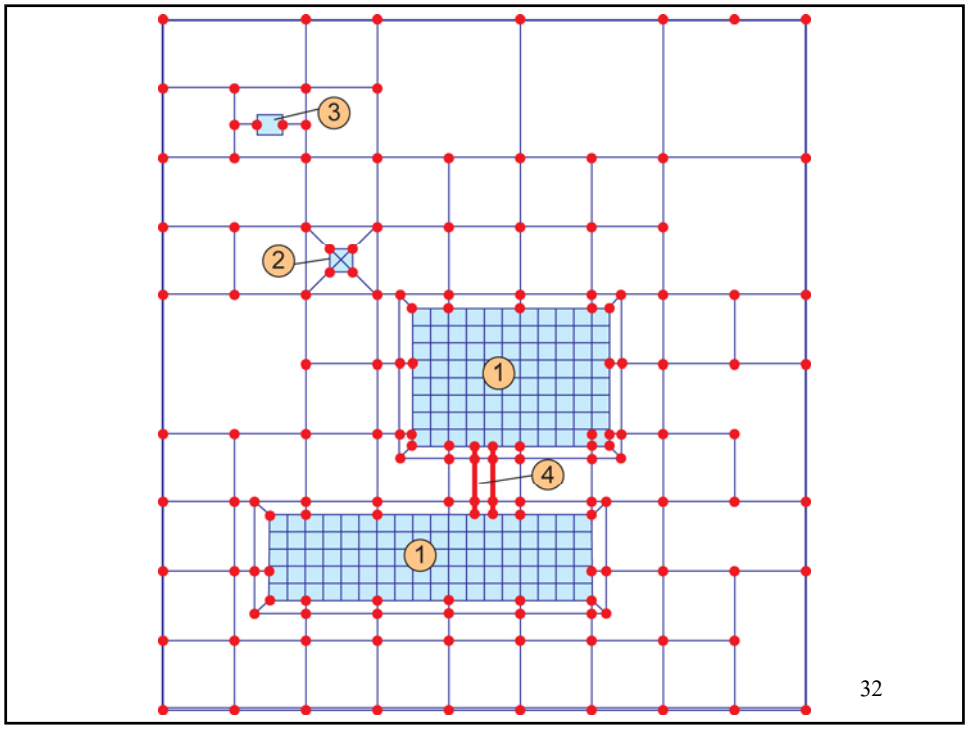
บทที่ 5
การต่อลงดินและการต่อประสาน

การต่อลงดินและการต่อประสานที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับระบบต่อลงดินทั้งหมด (ดูรูปที่ 5.1) ซึ่งประกอบด้วย

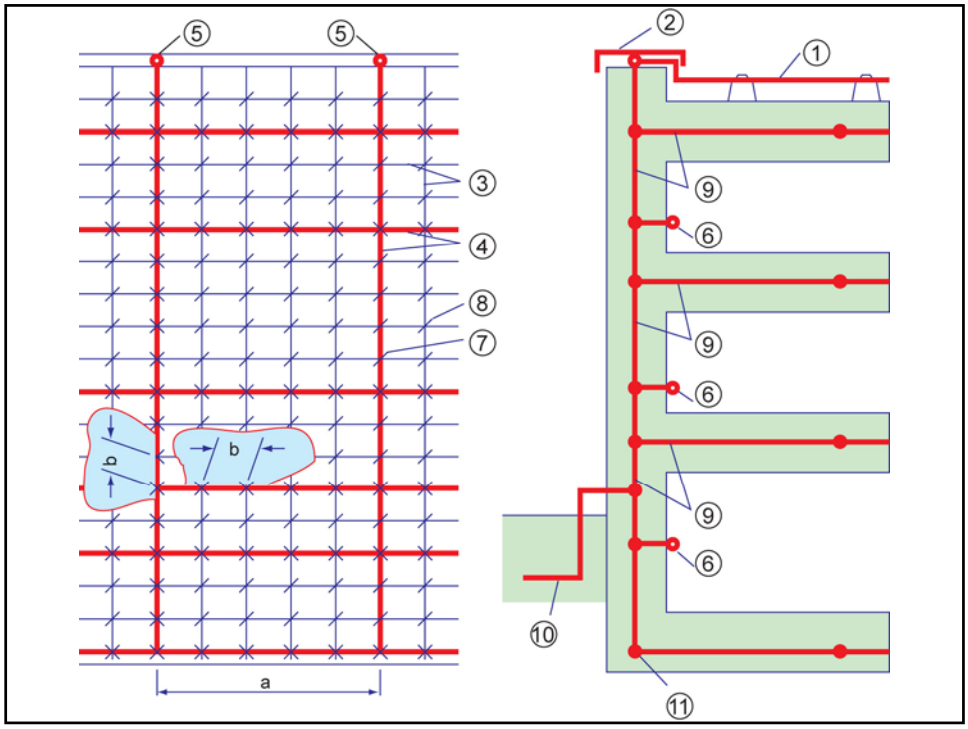
- ระบบรากสายดิน (การกระจายกระแสฟ้าผ่าเข้าไปในดิน) และ
- โครงข่ายการต่อประสาน (การทำให้ความต่างศักย์ไฟฟ้ามีค่าต่ำสุดและลดค่าสนามแม่เหล็ก)

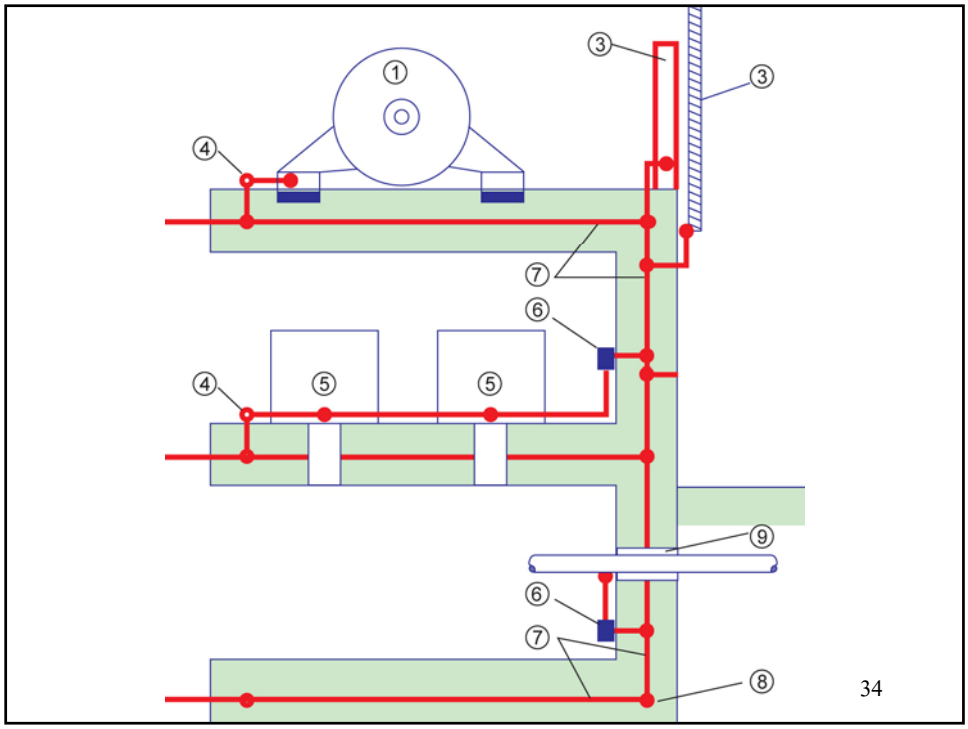


31

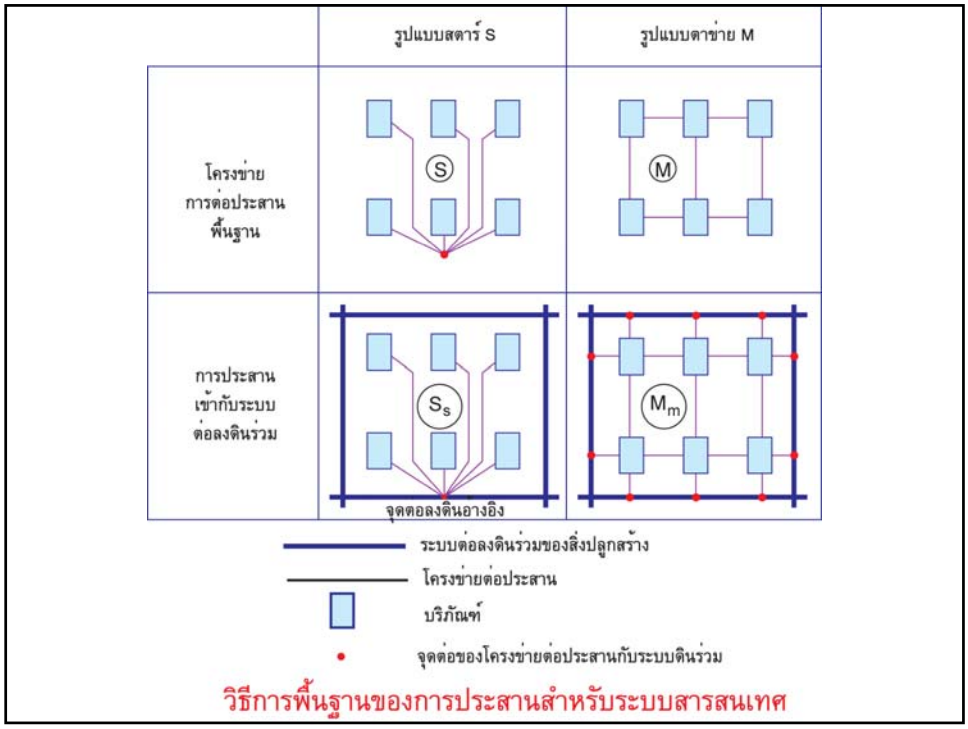


32

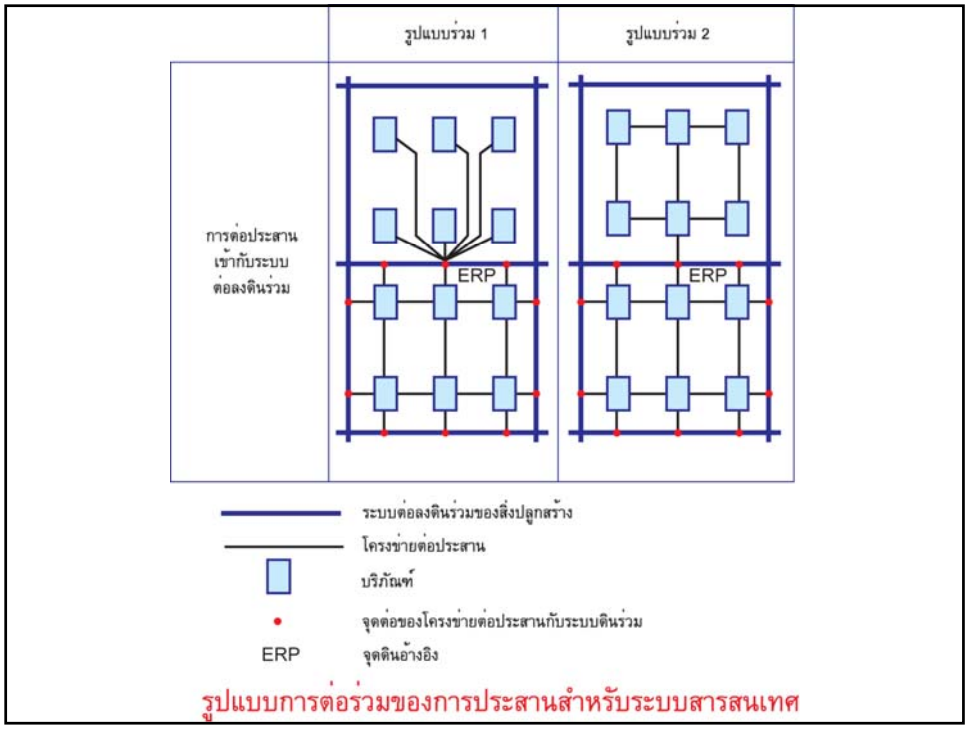




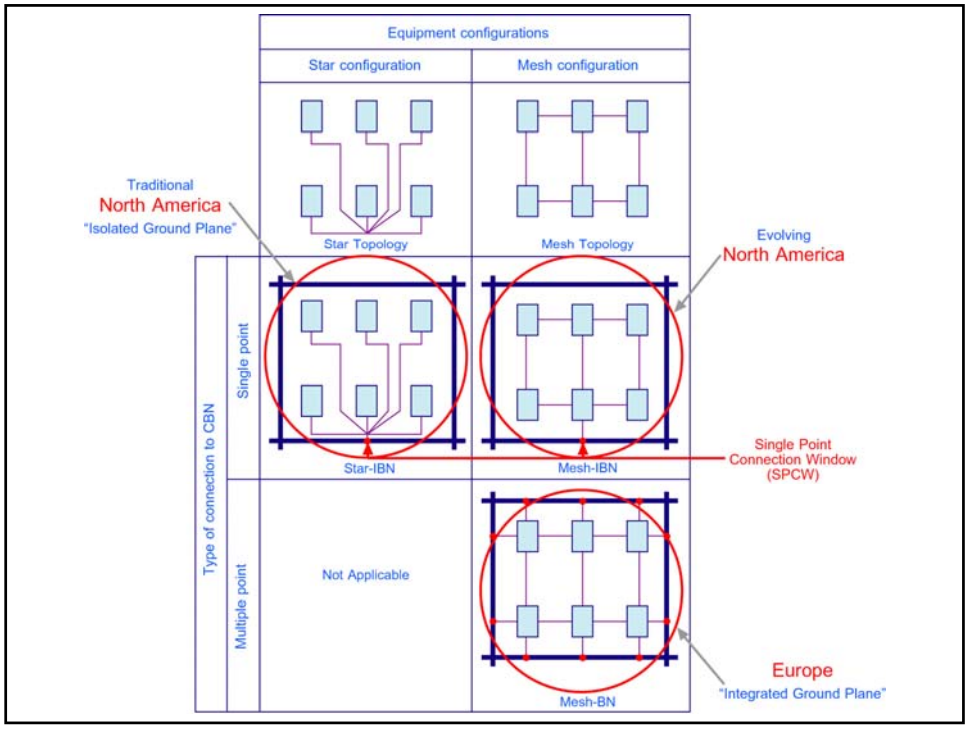
34



วิธีการพื้นฐานของการประสานสำหรับระบบสารสนเทศ



รูปแบบการต่อร่วมของการประสานสำหรับระบบสารสนเทศ



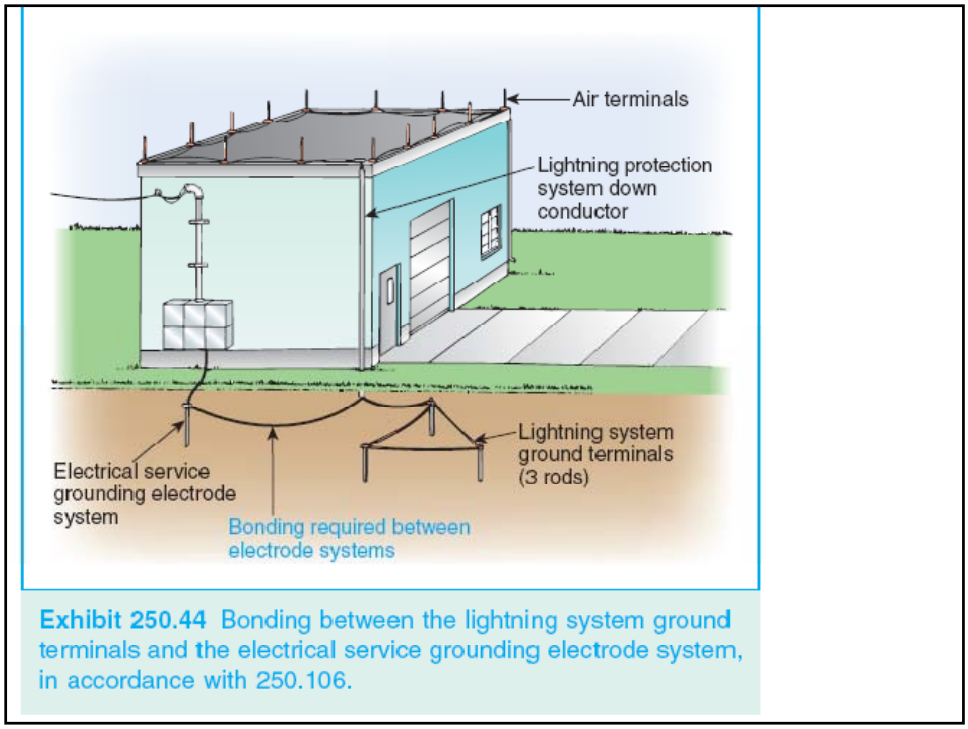
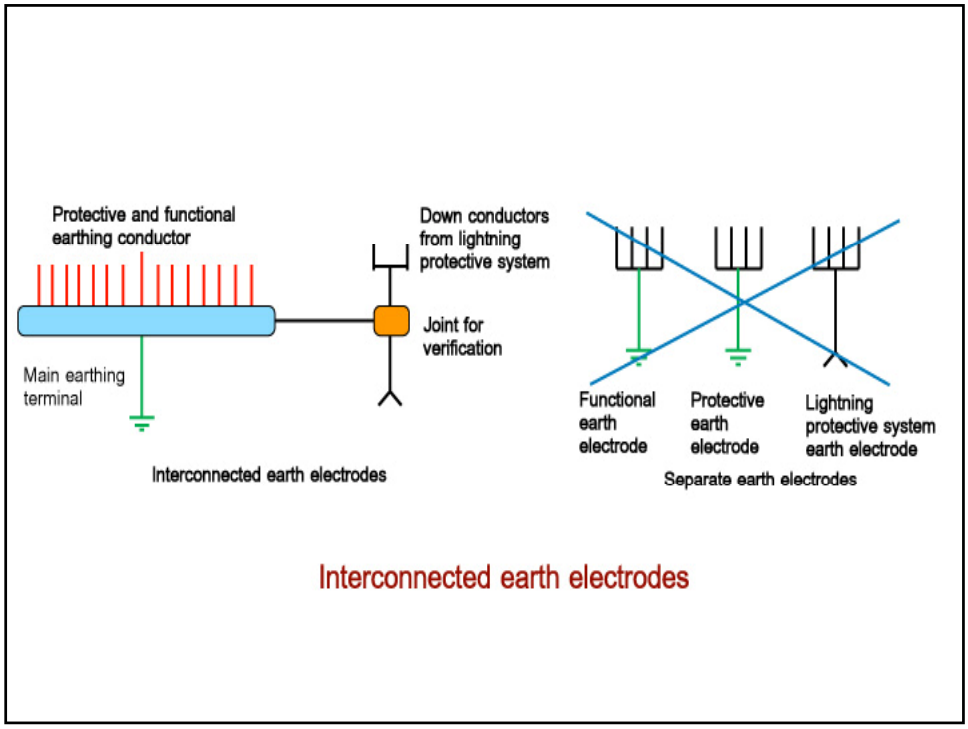
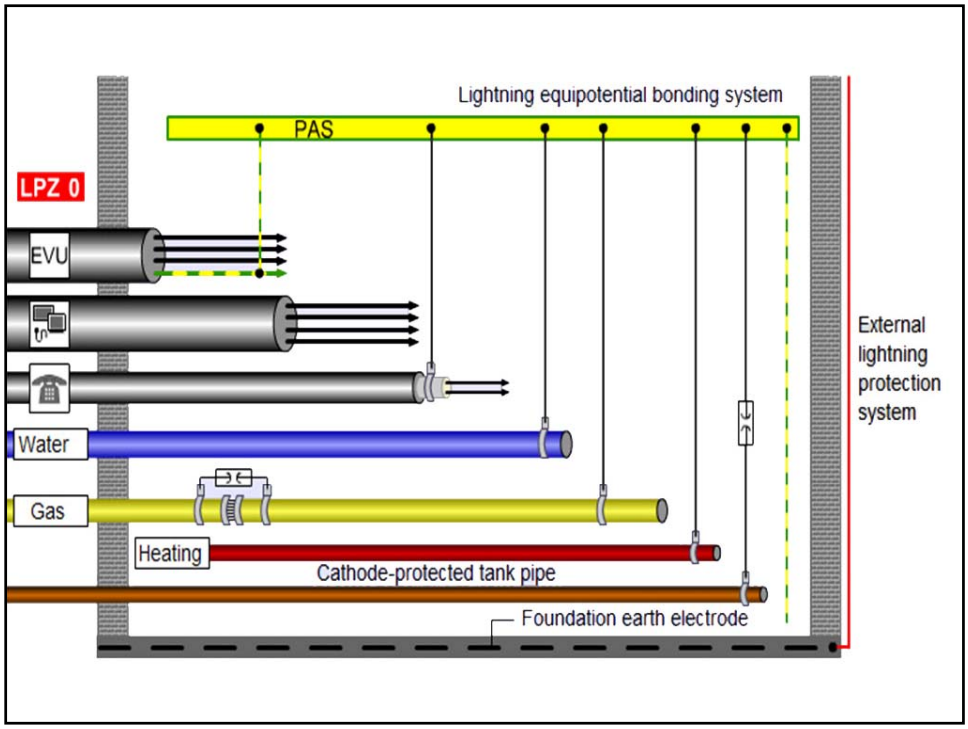
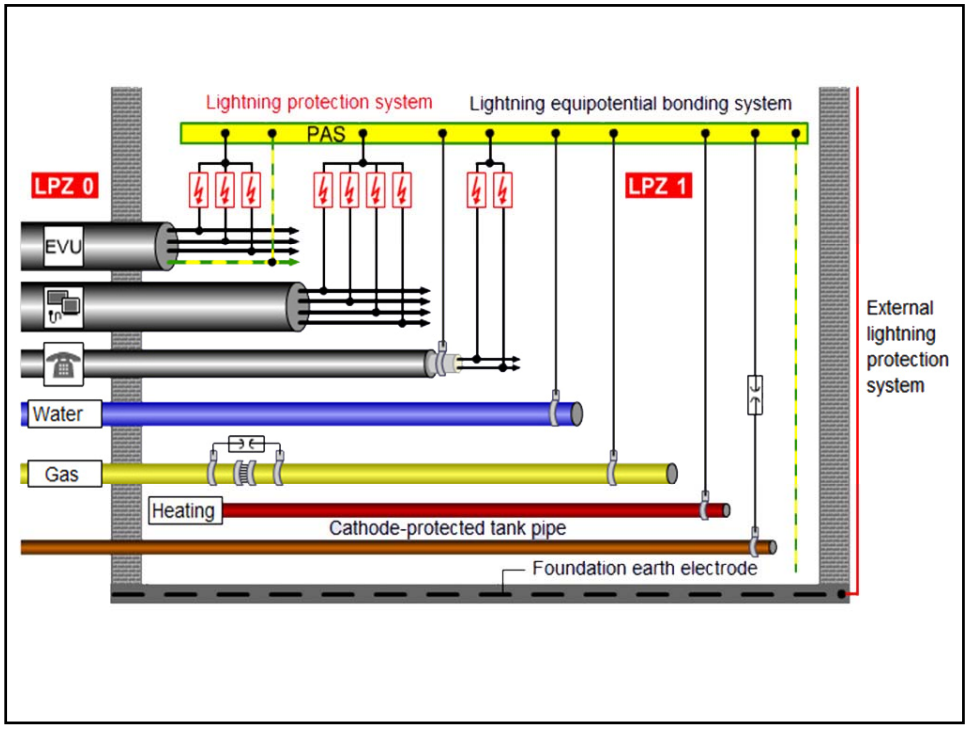


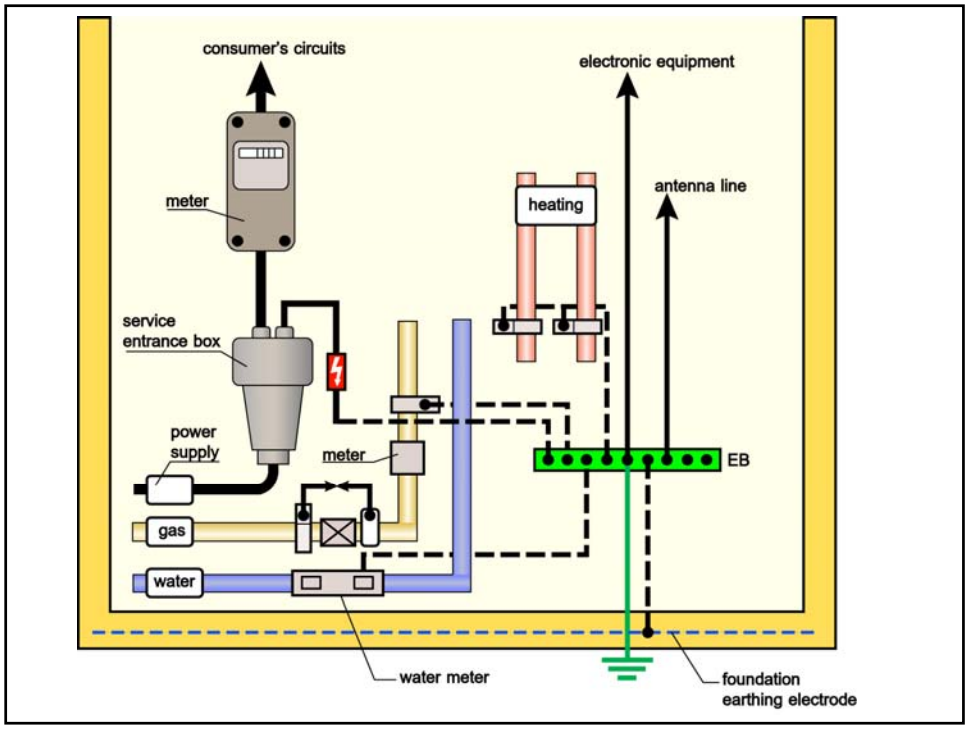
Exhibit 250.44 Bonding between the lightning system ground terminals and the electrical service grounding electrode system, in accordance with 250.106.

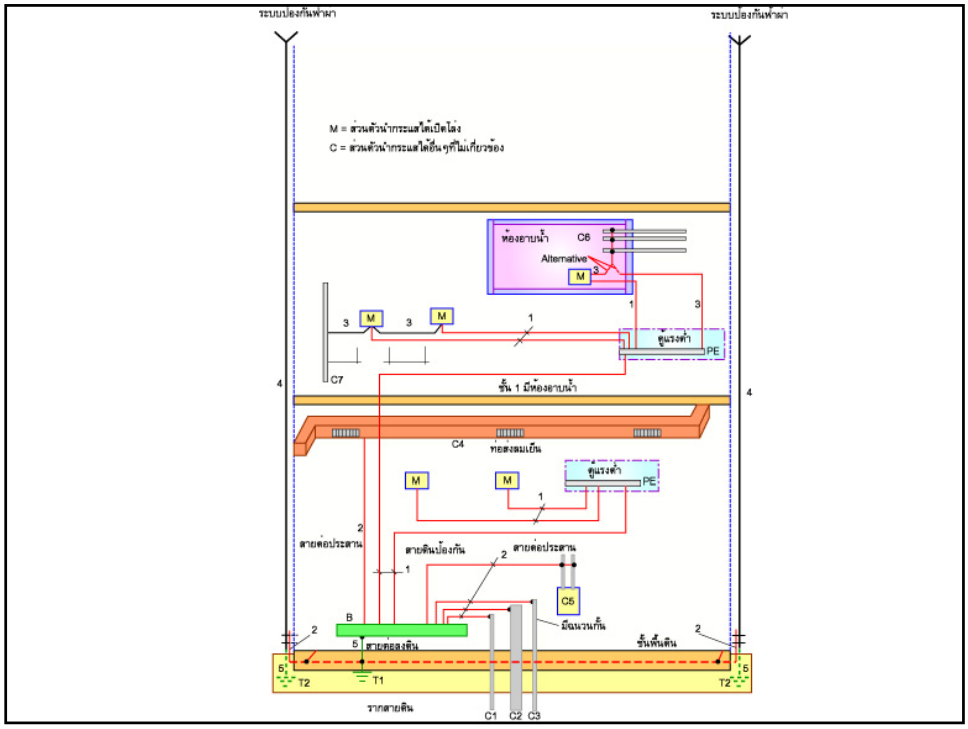


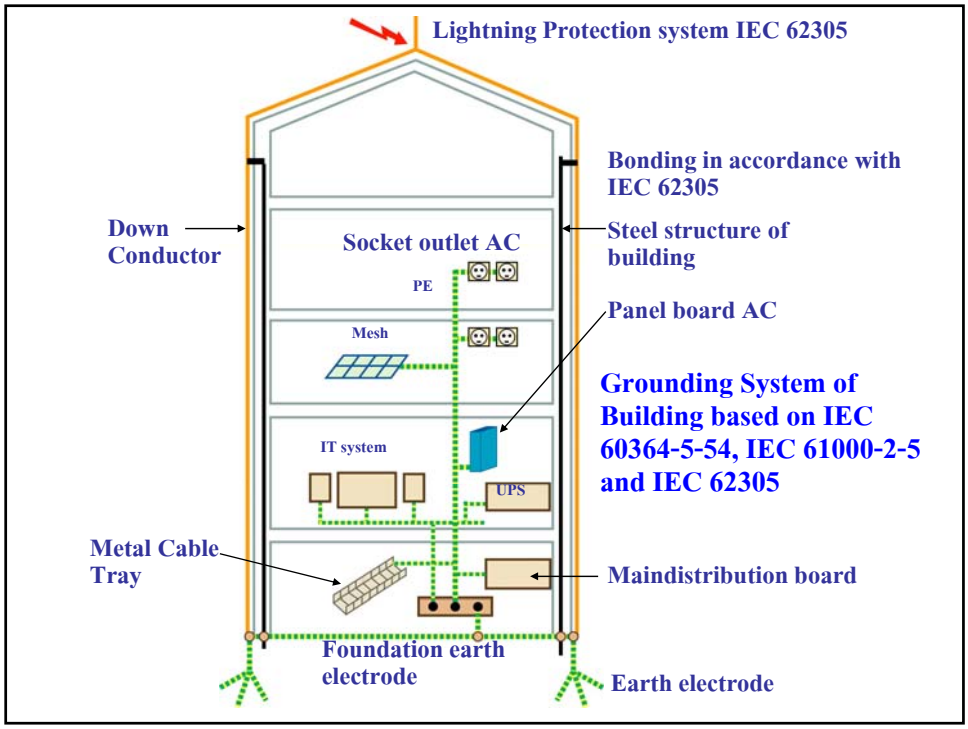
Interconnected earth electrodes




Lightning protection system
Lightning equipotential bonding system
PAS
LPZ 0
LPZ 1
EVU
Water
Gas
Heating
Cathode-protected tank pipe
Foundation earth electrode
External lightning protection system


consumer's circuits
electronic equipment
meter
heating
antenna line
service entrance box
power supply
meter
EB
gas
water
water meter
foundation earthing electrode


ระบบป้องกันฟ้าผ่า
ระบบป้องกันฟ้าผ่า
M = ส่วนตัวนำกระแสไฟเปิดโล่ง
C = ส่วนตัวนำกระแสไฟอื่นๆที่ไม่เกี่ยวข้อง
ห้องอาบน้ำ
C6
Alternative
M
3
1
ตู้แรงต่ำ
PE
C7
ชั้น 1 มีห้องอาบน้ำ
C4
ท่อสงผมเปีย
สายต่อประสาน
สายดินป้องกัน
C5
มีฉนวนกั้น
B
สายต่อลงดิน
ชั้นพื้นดิน
T1
T2
รากสายดิน
C1
C2
C3

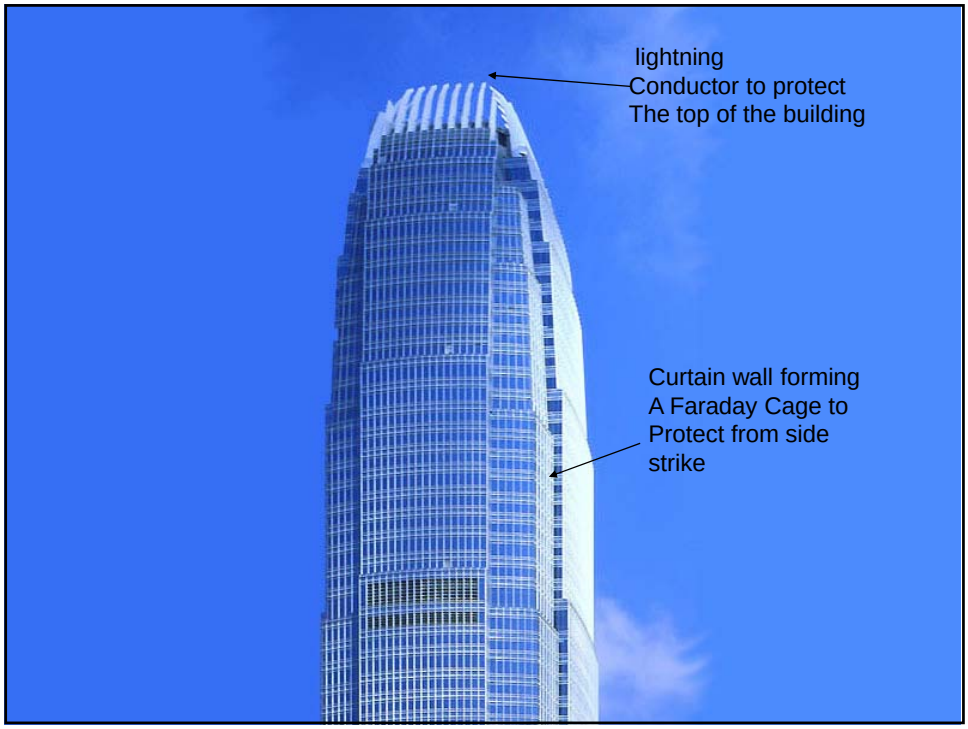

Lightning Protection system IEC 62305
Bonding in accordance with IEC 62305
Down Conductor
Socket outlet AC
PE
Steel structure of building
Panel board AC
Mesh
Grounding System of Building based on IEC 60364-5-54, IEC 61000-2-5 and IEC 62305
IT system
UPS
Metal Cable Tray
Maindistribution board
Foundation earth electrode
Earth electrode

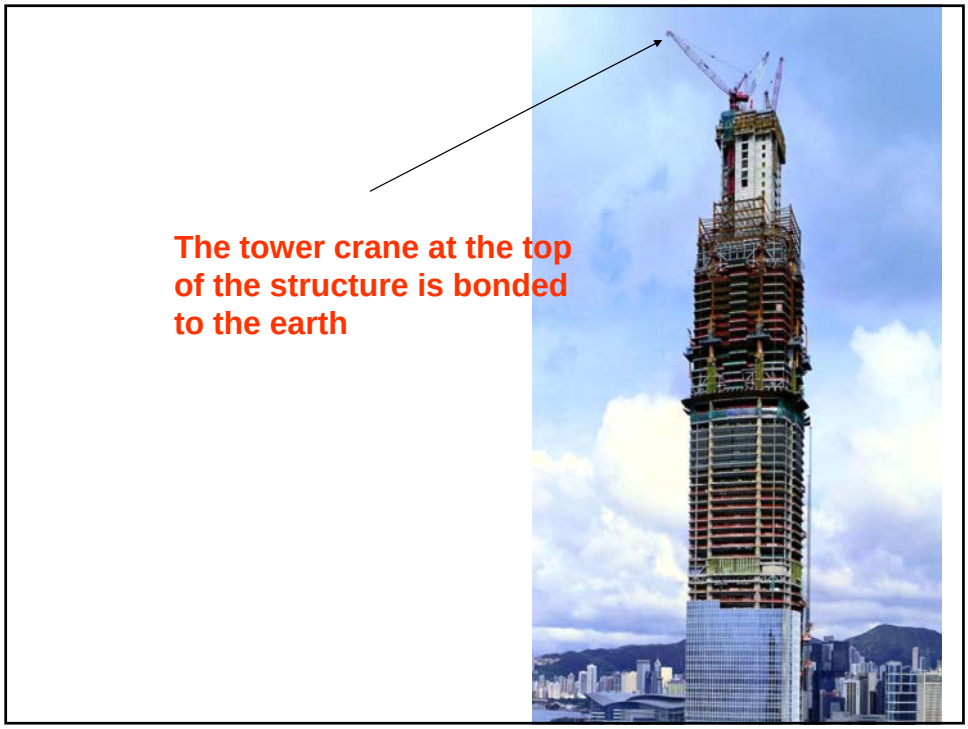
บทที่ 6
การกำบังสนามแม่เหล็กและการจัดเส้นทางการเดินสาย

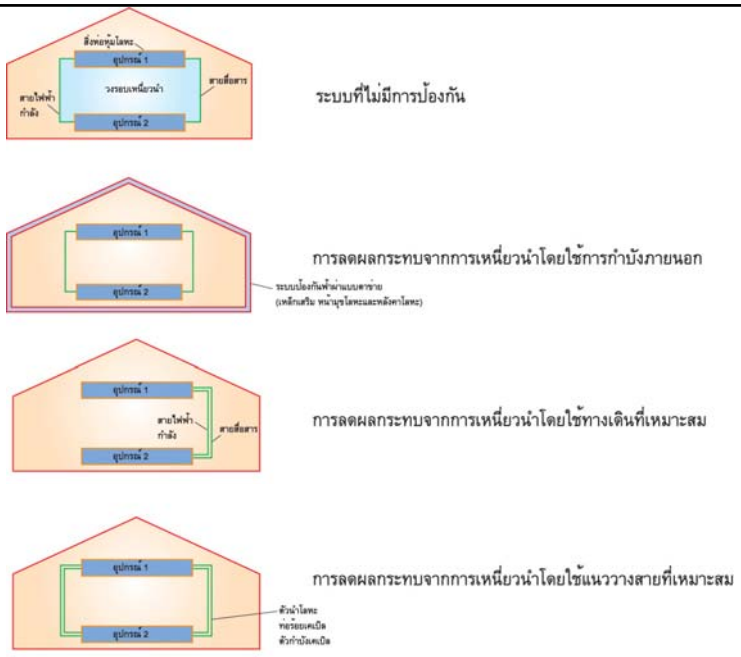
การกำบังสนามแม่เหล็กสามารถลดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าเช่นเดียวกับลดขนาดของเสิร์จเหนี่ยวนำภายใน การจัดเส้นทางการเดินสายภายในที่เหมาะสมสามารถลดขนาดเสิร์จเหนี่ยวนำภายในให้มีค่าต่ำสุดด้วย มาตรการทั้งสองมีประสิทธิภาพในการลดความล้มเหลวอย่างถาวรของระบบภายใน

International Finance Centre

- 2 IFC
- 420m tall
- World's 5th Tallest (as of Apr 05)


lightning
Conductor to protect
The top of the building
Curtain wall forming
A Faraday Cage to
Protect from side
strike

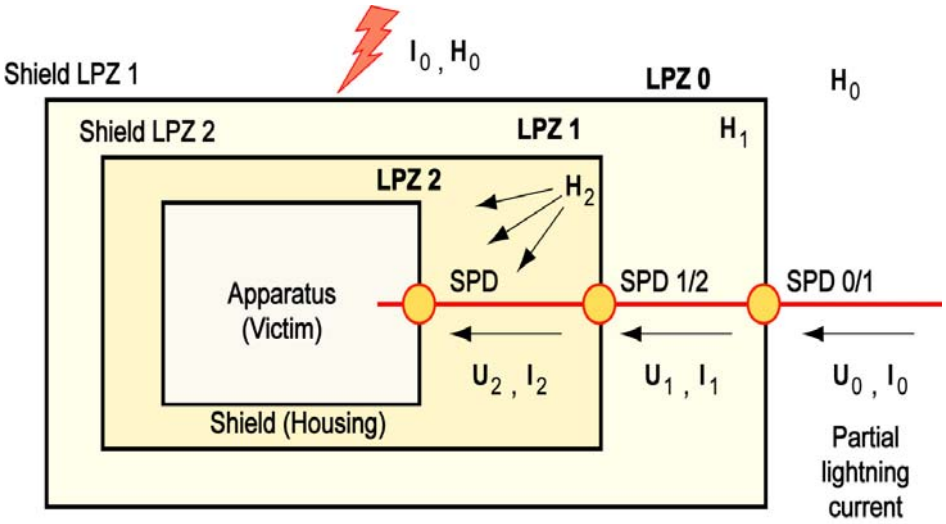

The tower crane at the top
of the structure is bonded
to the earth



มาตรการการกำบังและการวางแนวสาย

บทที่ 7
การป้องกันด้วยอุปกรณ์ป้องกันเสิร์จที่มีการประสานสัมพันธ์

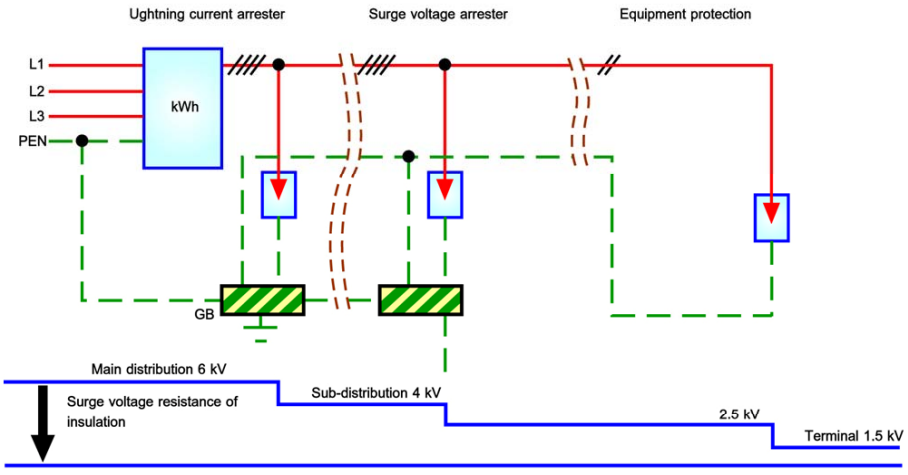
การป้องกันเสิร์จของระบบภายในอาจต้องการวิธีการที่เป็นระบบ ประกอบด้วย อุปกรณ์ป้องกันเสิร์จที่มีการประสานสัมพันธ์ทั้งของสายไฟฟ้ากำลังและสายสัญญาณ พื้นฐานวิธีการประสานสัมพันธ์ของอุปกรณ์ป้องกันเสิร์จ (ดูในภาคผนวก ค) เหมือนกันทั้งสองกรณี แต่เนื่องจากความหลากหลายของระบบอิเล็กทรอนิกส์จำนวนมากและคุณลักษณะที่แตกต่างกัน (อนาลอกหรือดิจิตอล ไฟฟ้ากระแสตรงหรือไฟฟ้ากระแสสลับ ความถี่ต่ำหรือความถี่สูง) จึงทำให้กฎเกณฑ์การเลือกและการติดตั้งระบบป้องกันด้วยอุปกรณ์ป้องกันเสิร์จที่มีการประสานสัมพันธ์แตกต่างจากการเลือกอุปกรณ์ป้องกันเสิร์จสำหรับระบบไฟฟ้ากำลังเพียงอย่างเดียว



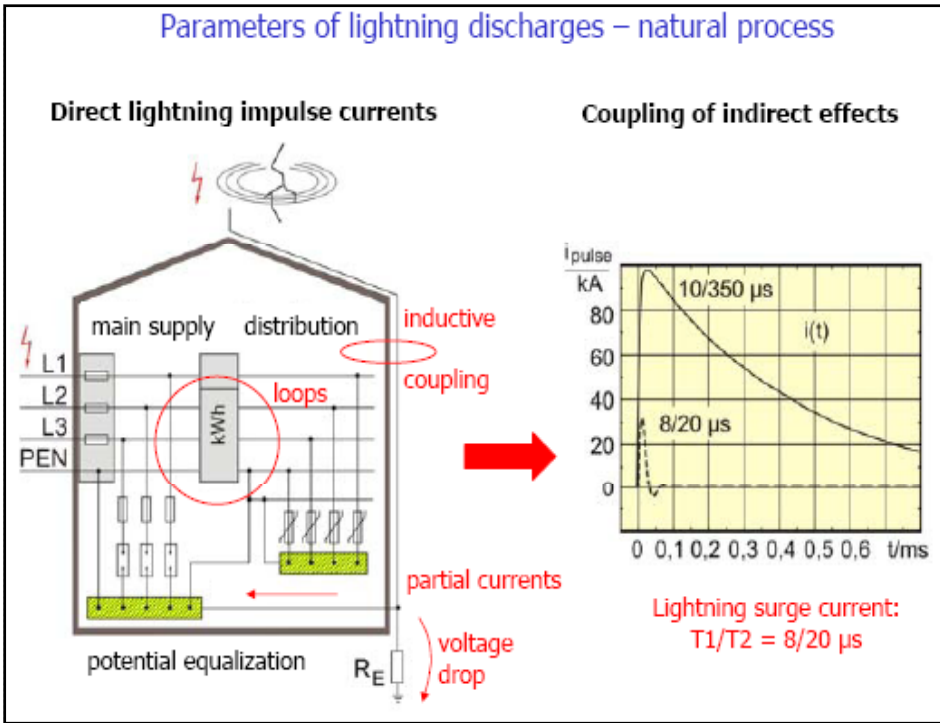
51

Standards / Type/ Description	E DIN VDE 0675-6 with A1, A2	IEC 61643-1: 1998	EN 61643-11: 2001
Lightning current arrester Combined lightning current and surge arrester	Class B	SPD class I	SPD Type 1
Surge arrester for distribution boards subdistribution boards, fixed installations	Class C	SPD class II	SPD Type 2
Surge arrester for socket outlets / terminal units	Class D	SPD class III	SPD Type 3

การแบ่งชนิดของ SPD ซึ่งการเรียกชื่อชนิดเป็นไปตามมาตรฐานนั้นๆ



ความคงทนของฉนวนในระบบแรงต่ำ IEC 60664-1



บทที่ 8
การจัดการระบบมาตรการป้องกันอิมพัลส์แม่เหล็กไฟฟ้าจากฟ้าผ่า

เพื่อให้ได้ระบบป้องกันฟ้าผ่าที่มีประสิทธิภาพและราคาเหมาะสม การออกแบบระบบป้องกันสำหรับระบบภายในควรทำในขั้นตอนการออกแบบอาคารและก่อนการสร้าง วิธีนี้ทำให้สามารถใช้องค์ประกอบโดยธรรมชาติของสิ่งปลูกสร้างอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด และสามารถเลือกทางเดินเคเบิลและตำแหน่งบริภัณฑ์ที่ดีที่สุด

กรณีการปรับเพิ่มสิ่งปลูกสร้างที่มีอยู่แล้ว โดยทั่วไปราคาของระบบมาตรการป้องกันอิมพัลส์แม่เหล็กไฟฟ้าจากฟ้าผ่าจะสูงกว่าราคาระบบป้องกันนั้นของสิ่งปลูกสร้างใหม่ อย่างไรก็ตามเป็นไปได้ที่จะทำให้การลงทุนต่ำสุด โดยการเลือกย่านป้องกันฟ้าผ่าที่เหมาะสม และโดยการใช้สิ่งติดตั้งที่มีอยู่แล้วหรือปรับปรุงสิ่งติดตั้งที่มีอยู่แล้วนั้นให้ดีขึ้น

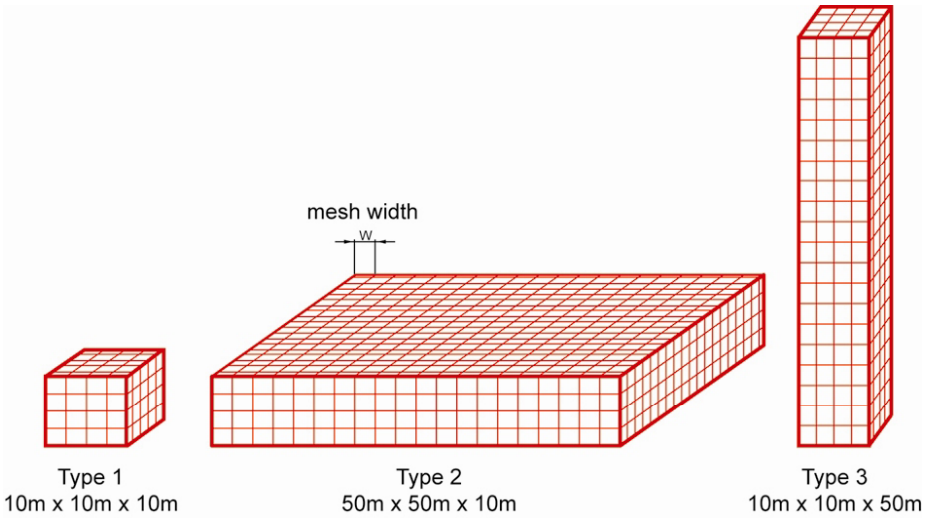
การป้องกันที่เหมาะสมสามารถทำให้บรรลุผลสำเร็จได้ ถ้า

- การจัดเตรียมได้กำหนดโดยผู้เชี่ยวชาญการป้องกันฟ้าผ่า
- มีการประสานงานที่ดีระหว่างผู้เชี่ยวชาญทั้งหลายที่เกี่ยวกับการสร้างอาคาร และเกี่ยวกับระบบมาตรการป้องกันอิมพัลส์แม่เหล็กไฟฟ้าจากฟ้าผ่า (เช่น วิศวกรโยธาและวิศวกรไฟฟ้า)
- ปฏิบัติตามแผนการจัดการในข้อ 8.1

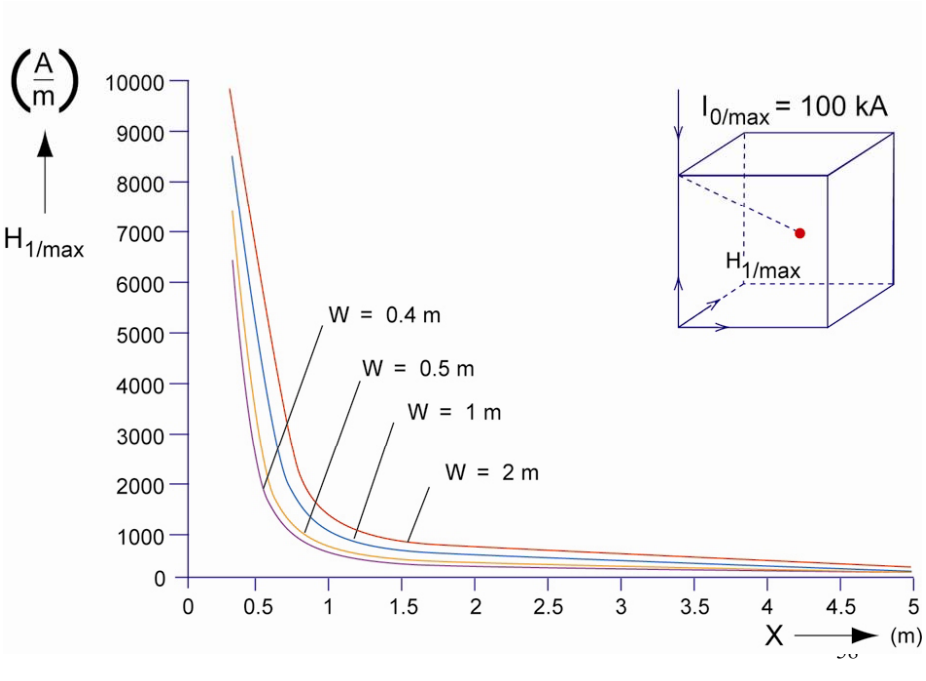
ระบบมาตรการป้องกันอิมพัลส์แม่เหล็กไฟฟ้าจากฟ้าผ่าต้องคงไว้โดยการตรวจสอบและการบำรุงรักษา หลังจากมีการเปลี่ยนแปลงที่เกี่ยวข้องต่อสิ่งปลูกสร้างหรือมาตรการป้องกันควรทำการประเมินความเสี่ยงใหม่

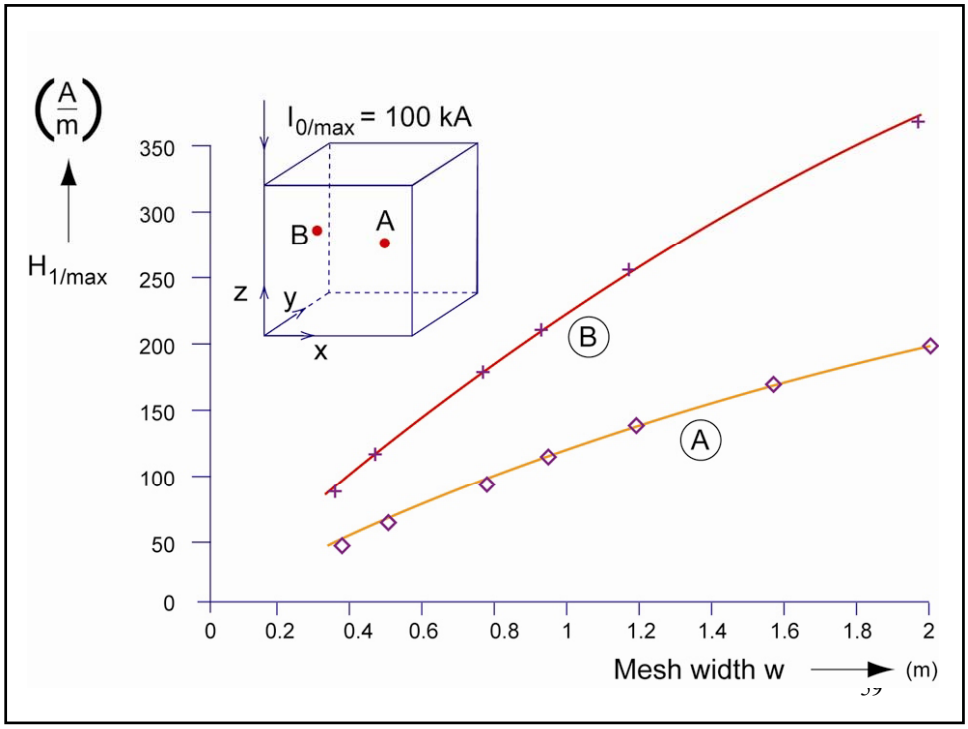
ภาคผนวก ก
(ใช้เป็นข้อมูล)
พื้นฐานสำหรับการประเมินสภาพแวดล้อมทางแม่เหล็กไฟฟ้าในย่านป้องกันฟ้าผ่า

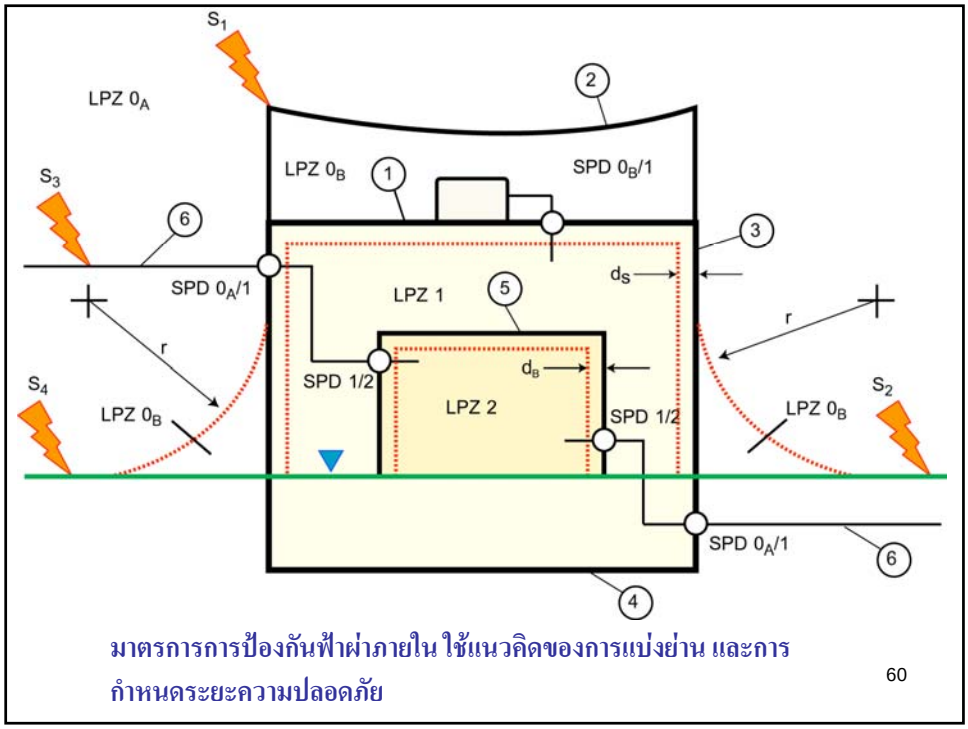
ภาคผนวกนี้ให้ข้อมูลสำหรับการประเมินสภาพแวดล้อมทางแม่เหล็กไฟฟ้าภายในย่านป้องกันฟ้าผ่า ซึ่งสามารถใช้ในการป้องกันอิมพัลส์แม่เหล็กไฟฟ้าจากฟ้าผ่า และยังเหมาะสำหรับการป้องกันการรบกวนจากแม่เหล็กไฟฟ้าอีกด้วย


mesh width
w
Type 1
10m x 10m x 10m
Type 2
50m x 50m x 10m
Type 3
10m x 10m x 50m

57


(A/m)
H1/max
10000
9000
8000
7000
6000
5000
4000
3000
2000
1000
0
0
0.5
1
1.5
2
2.5
3
3.5
4
4.5
5
X
(m)
W = 0.4 m
W = 0.5 m
W = 1 m
W = 2 m
I0/max = 100 kA
H'1/max





มาตรการการป้องกันฟ้าผ่าภายใน ใช้แนวคิดของการแบ่งย่าน และการกำหนดระยะความปลอดภัย

60