โปรแกรมประเมินความเสี่ยงของความเสียหายจากฟ้าผ่าตามมาตรฐาน IEC 62305-2:2006

นายรุ่งโรจน์ ชนะ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2551

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A SOFTWARE FOR RISK ASSESSMENT OF LIGHTNING DAMAGE BASED ON THE IEC 62305-2:2006

Mr.Rungrot Chana

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering Program in Electrical Engineering
Department of Electrical Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Academic Year 2008
Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	โปรแกรมประเมินความเสี่ยงของความเสียหายจาก ฟ้าผ่าตามมาตรฐาน IEC 62305-2:2006
โดย	นายรุ่งโรจน์ ชนะ
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	อาจารย์ ดร. คมสัน เพ็ชรรักษ์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร.บุญสม เลิศหิรัญวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.... ประธานกรรมการ

(อาจารย์ ดร.ชาญณรงค์ บาลมงคล)

.... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(อาจารย์ ดร. คมสัน เพ็ชรรักษ์)

.... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(อาจารย์ ดร.อภิบาล พฤกษานุบาล)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รุ่งโรจน์ ชนะ : โปรแกรมประเมินความเสี่ยงของความเสียหายจากฟ้าผ่าตามมาตรฐาน IEC 62305-2:2006 . (A SOFTWARE FOR RISK ASSESSMENT OF LIGHTNING DAMAGE BASED ON THE IEC 62305-2:2006) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: อ. ดร. คมสัน เพ็ชรรักษ์, 84 หน้า.

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำเสนอการพัฒนาโปรแกรมประเมินความเสี่ยงของความเสียหายจากฟ้าผ่าตามมาตรฐาน IEC 62305-2:2006 ซึ่งให้ข้อมูลเกี่ยวกับชนิดของความเสี่ยงซึ่งค่าความเสี่ยงทั้งหมดคือผลรวมของส่วนประกอบความเสี่ยงต่างๆ นอกจากนี้จะอธิบายผลของการเลือกมาตรการป้องกันฟ้าผ่าแต่ละวิธีเพื่อลดความเสี่ยงของความเสียหายจากฟ้าผ่า การพัฒนาโปรแกรมประเมินความเสี่ยงของความเสียหายจากฟ้าผ่าสามารถประเมินความเสี่ยงของสิ่งปลูกสร้างโดยทั่วไป เช่น บ้านในชนบท ออฟฟิศ โรงพยาบาล และ อพาร์ทเม้นท์ และโปรแกรมจะมีวิธีช่วยให้ผู้ใช้สามารถประเมินความเสี่ยงได้ง่ายด้วยลักษณะของตัวเลือก หรือ ข้อมูลเฉพาะที่กำหนด จากมาตรฐาน IEC 62305-2 หลังจากการประเมินความเสี่ยง โปรแกรมสามารถให้ผู้ใช้เลือกมาตรการป้องกันอย่างอิสระทั้งแบบเลือกโดยผู้ใช้หรือแบบอัตโนมัติ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา.................วิศวกรรมไฟฟ้า............ ลายมือชื่อนิสิต..
สาขาวิชา..............วิศวกรรมไฟฟ้า........... ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก..
ปีการศึกษา.................2551.....................

4970799221 : MAJOR ELECTRICAL ENGINEERING

KEY WORDS: Risk Assessment / Lightning Protection

RUNGROT CHANA : A SOFTWARE FOR RISK ASSESSMENT OF LIGHTNING DAMAGE BASED ON THE IEC 62305-2:2006. ADVISOR : KOMSON PETCHARAKS, 84 pp.

This thesis presents a developed of software for risk assessment of lightning damage. The program is based on the international standard IEC 62305-2, which relates to the different type of risks, its contribution to overall risk, the effect of different protection measures to mitigate against risk are described. The developed software can be used to assess risk from lightning strike to typical structures, e.g. a country house, an office building, a hospital and apartment

This software provides an easy way to evaluate risk due to lightning flash to a structure as the user can make choices of the various options provided in IEC 62305-2. However, the user's choices are restricted to only a subset of the options. After the evaluation, user can freely select all of the necessary protection measures to reduce the risk. The protection measures can be selected manually by user or automatically by the software.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department: ......Electrical Engineering........ Student's Signature: ....

Field of Study: ......Electrical Engineering...... Advisor's Signature: ...K. Petcharaks.

Academic Year: ....2008.......................

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของอาจารย์ ดร. คมสัน เพ็ชรรักษ์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา โดยได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่าง ๆ ของการทำวิทยานิพนธ์ด้วยดีมาโดยตลอด รวมทั้งได้กรุณาตรวจสอบและแก้ไขจนสำเร็จเรียบร้อย

นอกจากนี้ผู้วิจัยต้องขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ซึ่งประกอบด้วย อาจารย์ ดร.ชาญณรงค์ บาลมงคล และอาจารย์ ดร.อภิบาล พฤกษานุบาล ที่ได้กรุณาตรวจสอบแก้ไขและให้คำแนะนำในการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอขอบคุณ รุ่นพี่ เพื่อน และรุ่นน้อง ในสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าแรงสูง ที่ให้คำปรึกษาและกำลังใจตลอดมา และขอขอบคุณโปรแกรมไมโครซอฟต์วิชัวล์เบสิก.เน็ตที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพให้กับโปรแกรม

และสุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่ส่งเสริมสนับสนุนให้กำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์มาโดยตลอด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ จ

กิตติกรรมประกาศ ฉ

สารบัญ ช

สารบัญตาราง ญ

สารบัญภาพ ฑ

บทที่

1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์ 1

1.3 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์ 2

1.4 ขั้นตอนการศึกษาและวิธีดำเนินการ 2

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากวิทยานิพนธ์ 2

1.6 เนื้อหาของวิทยานิพนธ์ 2

2 ทฤษฎีเกี่ยวกับการประเมินความเสี่ยงของความเสียหายจากฟ้าผ่า 3

2.1 ความเสียหายและความสูญเสีย 3

2.2 ส่วนประกอบความเสี่ยงที่สัมพันธ์กับจุดที่ฟ้าผ่าสัมผัสสิ่งปลูกสร้าง 4

2.3 ความถี่ของการเกิดฟ้าผ่า N_X 6

2.4 ความน่าจะเป็นของความเสียหาย P_X 9

2.5 ความสูญเสียของชีวิตมนุษย์ L_X 13

2.6 ตัวเลือกของมาตรการป้องกันฟ้าผ่า 16

3 ส่วนประกอบของโปรแกรมประเมินความเสี่ยงของความเสียหายจากฟ้าผ่า 17

3.1 ส่วนของหน้าหลัก 17

3.2 ส่วนของคุณลักษณะสิ่งปลูกสร้าง 17

3.3 ส่วนของคุณลักษณะระบบบริการ 19

3.4 ส่วนของคุณลักษณะย่านป้องกันฟ้าผ่า 22

3.5 ส่วนของการเลือกมาตรการป้องกัน 26

บทที่ หน้า

3.6 การประเมินทางเศรษฐศาสตร์ 30

4 ตัวอย่างการประเมินความเสี่ยงของความเสียหายจากฟ้าผ่า 32

4.1 บ้านในชนบท 32

4.1.1 คุณลักษณะของสิ่งปลูกสร้าง 32

4.1.2 คุณลักษณะของย่านป้องกันฟ้าผ่า 35

4.1.3 ความถี่ของการเกิดฟ้าผ่า 36

4.1.4 การประเมินความเสี่ยงของความสูญเสียของชีวิตมนุษย์ 37

4.1.5 ผลจากการประเมินความเสี่ยงของความสูญเสียของชีวิตมนุษย์ R_1 38

4.1.6 การเลือกมาตรการป้องกันฟ้าผ่า 39

4.2 ออฟฟิศ 41

4.2.1 คุณลักษณะของสิ่งปลูกสร้าง 41

4.2.2 คุณลักษณะของย่านป้องกันฟ้าผ่า 44

4.2.3 ความถี่ของการเกิดฟ้าผ่า 50

4.2.4 การประเมินความเสี่ยงของความสูญเสียของชีวิตมนุษย์ 51

4.2.5 ผลจากการประเมินความเสี่ยงของความสูญเสียของชีวิตมนุษย์ R_1 52

4.2.6 การเลือกมาตรการป้องกันฟ้าผ่า 52

4.3 โรงพยาบาล 55

4.3.1 คุณลักษณะของสิ่งปลูกสร้าง 55

4.3.2 คุณลักษณะของย่านป้องกันฟ้าผ่า 58

4.3.3 ความถี่ของการเกิดฟ้าผ่า 64

4.3.4 การประเมินความเสี่ยงของความสูญเสียของชีวิตมนุษย์ 65

4.3.5 ผลจากการประเมินความเสี่ยงของความสูญเสียของชีวิตมนุษย์ R_1 66

4.3.6 การเลือกมาตรการป้องกันฟ้าผ่า 67

4.3.7 ข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ต้นทุน-ผลประโยชน์ 72

4.3 อพาร์ทเม้นท์ 75

4.3.1 คุณลักษณะของสิ่งปลูกสร้าง 75

4.3.2 คุณลักษณะของย่านป้องกันฟ้าผ่า 78

5 สรุปและข้อเสนอแนะ 80

5.1 สรุปผลการวิจัย 80

บทที่ หน้า

รายการอ้างอิง 81

ภาคผนวก 82

ภาคผนวก ก การติดตั้งและการเรียกใช้งานโปรแกรม 83

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 84

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 แหล่งกำเนิดของความเสียหาย ชนิดของความเสียหายและชนิดของความสูญเสียตามจุดฟ้าผ่า 4

2.2 ตัวแปรสถานที่ตั้ง C_d 7

2.3 พื้นที่รับฟ้าผ่าสมมูล A_l และ A_i 8

2.4 ตัวแปรหม้อแปลงไฟฟ้า C_t 8

2.5 ตัวแปรสิ่งแวดล้อม C_e 9

2.6 ค่าของความน่าจะเป็น P_A ที่ฟ้าผ่าสัมผัสสิ่งปลูกสร้างโดยตรงนำมาซึ่งความเสียหายสำหรับอาการกระตุกจากไฟฟ้าช็อต 9

2.7 ค่าของ P_B ขึ้นอยู่กับมาตรการป้องกันฟ้าผ่าเพื่อลดความเสียหายทางกายภาพ 9

2.8 ค่าของความน่าจะเป็น P_C ขึ้นอยู่กับการออกแบบ $SPDs$ ตามระดับการป้องกันฟ้าผ่า 10

2.9 ค่าของตัวแปร K_{S3} จะขึ้นอยู่กับลักษณะการเดินสายภายใน 11

2.10 ค่าของความน่าจะเป็น P_M เป็นฟังก์ชั่นของตัวแปร K_{MS} 11

2.11 ค่าของความน่าจะเป็น P_{LD} ขึ้นอยู่กับความต้านทานชีลด์ R_S แรงดันทนอิมพัลส์ของระบบ U_W 12

2.12 ค่าของความน่าจะเป็น P_{LI} ขึ้นอยู่กับความต้านทานชีลด์ R_S แรงดันทนอิมพัลส์ของระบบ U_W และลักษณะการชีลด์สาย 13

2.13 ค่าเฉลี่ยที่เป็นตัวอย่างของ L_t 13

2.14 ค่าเฉลี่ยที่เป็นตัวอย่างของ L_f 14

2.15 ค่าเฉลี่ยที่เป็นตัวอย่างของ L_o 14

2.16 ค่าของตัวแปรการลด r_a และ r_u ซึ่งเป็นฟังก์ชั่นของชนิดของดินและพื้น 14

2.17 ค่าของตัวแปรการลด r_p ซึ่งเป็นฟังก์ชั่นของการเตรียมการเพื่อลดผลจากไฟไหม้ 15

2.18 ค่าของตัวแปรการลด r_f ซึ่งเป็นฟังก์ชั่นของความเสี่ยงไฟไหม้ของสิ่งปลูกสร้าง 15

2.19 ค่าของตัวแปรการเพิ่ม h_Z ซึ่งสัมพันธ์กับปริมาณความสูญเสียที่เกิดขึ้นกับความอันตรายพิเศษ 15

3.1 คุณลักษณะสิ่งปลูกสร้างภายใต้การประเมินความเสี่ยง 18

ตารางที่		หน้า
3.2	คุณลักษณะระบบบริการภายใต้การประเมินความเสี่ยง	20
3.3	คุณลักษณะย่านป้องกันฟ้าผ่าภายใต้การประเมินความเสี่ยง	23
3.4	มาตรการป้องกันฟ้าผ่าภายใต้การประเมินความเสี่ยง	27
3.5	ส่วนของการประเมินทางเศรษฐศาสตร์	31
4.1	คุณลักษณะของบ้านในชนบท	32
4.2	คุณลักษณะของระบบบริการที่เป็นระบบจำหน่ายแรงต่ำของบ้านในชนบท	33
4.3	คุณลักษณะระบบบริการที่เป็นระบบสื่อสารโทรคมนาคมของบ้านในชนบท	33
4.4	คุณลักษณะของย่านป้องกันฟ้าผ่า Z_2 (inside the building)	35
4.5	ค่าของความถี่ของการเกิดฟ้าผ่าของบ้านในชนบท	37
4.6	ค่าของความน่าจะเป็นของความเสียหายของบ้านในชนบทที่ไม่ถูกป้องกัน	37
4.7	ผลของการประเมินความเสี่ยง R_1 ของบ้านในชนบท	38
4.8	ส่วนประกอบความเสี่ยงที่สัมพันธ์กับแหล่งกำเนิดและชนิดความเสียหายของบ้านในชนบท	39
4.9	ผลของการประเมินความเสี่ยง R_1 เมื่อใช้มาตรการป้องกันฟ้าผ่าของบ้านในชนบท	41
4.10	คุณลักษณะของออฟฟิศ	42
4.11	คุณลักษณะของระบบบริการที่เป็นระบบจำหน่ายแรงต่ำของออฟฟิศ	42
4.12	คุณลักษณะของระบบบริการที่เป็นระบบสื่อสารโทรคมนาคมของออฟฟิศ	43
4.13	คุณลักษณะของย่านป้องกันฟ้าผ่า Z_1 (entrance area to building)	45
4.14	คุณลักษณะของย่านป้องกันฟ้าผ่า Z_2 (garden)	46
4.15	คุณลักษณะของย่านป้องกันฟ้าผ่า Z_3 (archive)	47
4.16	คุณลักษณะของย่านป้องกันฟ้าผ่า Z_4 (offices)	48
4.17	คุณลักษณะของย่านป้องกันฟ้าผ่า Z_5 (computer centre)	49
4.18	ค่าของความถี่ของการเกิดฟ้าผ่าของออฟฟิศ	50
4.19	ค่าของความน่าจะเป็นของความเสียหายของออฟฟิศที่ไม่ถูกป้องกัน	51
4.20	ผลของการประเมินความเสี่ยง R_1 ของออฟฟิศ	51
4.21	ส่วนประกอบความเสี่ยงที่สัมพันธ์กับแหล่งกำเนิดและชนิดความเสียหายของออฟฟิศ	53
4.22	ผลของการประเมินความเสี่ยง R_1 เมื่อใช้มาตรการป้องกันฟ้าผ่าของออฟฟิศ	55

ตารางที่		หน้า
4.23	คุณลักษณะของโรงพยาบาล	55
4.24	คุณลักษณะของระบบบริการที่เป็นระบบจำหน่ายของโรงพยาบาล	56
4.25	คุณลักษณะระบบบริการที่เป็นระบบสื่อสารโทรคมนาคมของโรงพยาบาล	56
4.26	คุณลักษณะของย่านป้องกันฟ้าผ่า Z_1 (outside building)	59
4.27	คุณลักษณะของย่านป้องกันฟ้าผ่า Z_2 (rooms block)	60
4.28	คุณลักษณะของย่านป้องกันฟ้าผ่า Z_3 (operating block)	61
4.29	คุณลักษณะของย่านป้องกันฟ้าผ่า Z_4 (intensive care unity)	63
4.30	ค่าของความถี่ของการเกิดฟ้าผ่าของโรงพยาบาล	65
4.31	ค่าของความน่าจะเป็นของความเสียหายของโรงพยาบาลที่ไม่ถูกป้องกัน	65
4.32	ผลของการประเมินความเสี่ยง R_1 ของโรงพยาบาล	66
4.33	ส่วนประกอบความเสี่ยงที่สัมพันธ์กับแหล่งกำเหนิดและชนิดความเสียหายของออฟฟิศ	67
4.34	ค่าของความน่าจะเป็นของความเสียหายที่ใช้มาตรการป้องกันวิธีที่1ของโรงพยาบาล	68
4.35	ค่าของความน่าจะเป็นของความเสียหายที่ใช้มาตรการป้องกันวิธีที่2ของโรงพยาบาล	69
4.36	ค่าของความน่าจะเป็นของความเสียหายที่ใช้มาตรการป้องกันวิธีที่3ของโรงพยาบาล	70
4.37	ผลของการประเมินความเสี่ยง R_1 เมื่อใช้มาตรการป้องกันของโรงพยาบาล	72
4.38	มูลค่าของความเสียหายกับความสูญเสียที่เกี่ยวข้องย่านป้องกันฟ้าผ่า ($\$\times10^6$)	73
4.39	มูลค่าที่เกี่ยวข้องกับอัตรา	73
4.40	ผลของการประเมินความเสี่ยงต่อความสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์ R_4 ($\$\times10^6$)	74
4.41	ปริมาณของความสูญเสีย C_L และ C_{RL} ($\$$)	74
4.42	มูลค่า C_P และ C_{PM} ของมาตรการป้องกัน ($\$$)	74
4.43	การลดค่าใช้จ่ายของเงินประจำปี ($\$$)	75
4.44	คุณลักษณะของอพาร์ทเม้นท์	75

ตารางที่ หน้า

4.45 คุณลักษณะของระบบบริการที่เป็นระบบจำหน่ายแรงต่ำของอพาร์ทเม้นท์ 76
4.46 คุณลักษณะระบบบริการที่เป็นระบบสื่อสารโทรคมนาคมของอพาร์ทเม้นท์ 77
4.47 คุณลักษณะของย่านป้องกันฟ้าผ่าของอพาร์ทเม้นท์ Z_2 (inside the building) 78
4.48 มาตรการป้องกันฟ้าผ่าซึ่งสัมพันธ์กับความสูงและความเสี่ยงไฟไหม้ 78

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

รูปที่ หน้า

2.1 พื้นที่รับฟ้าผ่าสมมูล A_d ของการเกิดฟ้าผ่าสัมผัสสิ่งปลูกสร้างโดยตรง 6

2.2 พื้นที่รับฟ้าผ่าสมมูล A_d , A_m , A_l , A_i , A_a 7

2.3 ขั้นตอนการเลือกมาตรการป้องกันสำหรับชนิดของความสูญเสีย $L1$ ถึง $L3$ 16

3.1 ส่วนของหน้าหลัก 17

3.2 ส่วนของคุณลักษณะสิ่งปลูกสร้าง 18

3.3 ส่วนของคุณลักษณะระบบบริการ 20

3.4 ส่วนของคุณลักษณะย่านป้องกันฟ้าผ่า 23

3.5 ส่วนของการเลือกมาตรการป้องกันฟ้าผ่า 27

3.6 ส่วนของการเลือกมาตรการป้องกันฟ้าผ่าโดยผู้ใช้ R_A , R_B 28

3.7 ส่วนของการเลือกมาตรการป้องกันฟ้าผ่าโดยผู้ใช้ R_C , R_M 29

3.8 ส่วนของการเลือกมาตรการป้องกันฟ้าผ่าโดยผู้ใช้ R_U , R_V , R_W , R_Z 29

3.9 ส่วนของการเลือกมาตรการป้องกันฟ้าผ่าโดยอัตโนมัติ 30

3.10 ส่วนของการประเมินทางเศรษฐศาสตร์ 31

4.1 ส่วนของคุณลักษณะของบ้านในชนบท 34

4.2 ส่วนของคุณลักษณะระบบบริการที่เป็นระบบจำหน่ายแรงต่ำบ้านในชนบท 34

4.3 ส่วนของคุณลักษณะระบบบริการที่เป็นระบบสื่อสารโทรคมนาคมของบ้านในชนบท 34

4.4 ส่วนของคุณลักษณะย่านป้องกันฟ้าผ่า Z_2 (inside the building) 36

4.5 ส่วนของผลจากการประเมินความเสี่ยง R_1 ของบ้านในชนบท 38

4.6 ส่วนของการใช้มาตรการป้องกันฟ้าผ่าวิธีที่1 ของบ้านในชนบท 40

4.7 ส่วนของการใช้มาตรการป้องกันฟ้าผ่าวิธีที่2 ของบ้านในชนบท 41

4.8 ส่วนของคุณลักษณะของออฟฟิศ 42

4.9 ส่วนของคุณลักษณะระบบบริการที่เป็นระบบจำหน่ายแรงต่ำของออฟฟิศ 43

4.10 ส่วนของคุณลักษณะระบบบริการที่เป็นระบบสื่อสารโทรคมนาคมของออฟฟิศ 44

4.11 ส่วนของคุณลักษณะย่านป้องกันฟ้าผ่า Z_1 (entrance area to building) 45

4.12 ส่วนของคุณลักษณะย่านป้องกันฟ้าผ่า Z_2 (garden) 46

รูปที่ หน้า

4.13 ส่วนของคุณลักษณะย่านป้องกันฟ้าผ่า Z_3 (archive) 47
4.14 ส่วนของคุณลักษณะย่านป้องกันฟ้าผ่า Z_4 (offices) 48
4.15 ส่วนของคุณลักษณะย่านป้องกันฟ้าผ่า Z_5 (computer centre) 50
4.16 ส่วนของผลจากการประเมินความเสี่ยง R_1 ของออฟฟิศ 52
4.17 ส่วนของการใช้มาตรการป้องกันฟ้าผ่าวิธีที่1 ของออฟฟิศ 54
4.18 ส่วนของการใช้มาตรการป้องกันฟ้าผ่าวิธีที่2 ของออฟฟิศ 54
4.19 ส่วนของคุณลักษณะโรงพยาบาล 55
4.20 ส่วนของคุณลักษณะระบบบริการที่เป็นระบบจำหน่ายแรงต่ำโรงพยาบาล 57
4.21 ส่วนของคุณลักษณะระบบบริการที่เป็นระบบสื่อสารโทรคมนาคมของโรงพยาบาล 58
4.22 ส่วนของคุณลักษณะย่านป้องกันฟ้าผ่า Z_1 (outside building) 59
4.23 ส่วนของคุณลักษณะย่านป้องกันฟ้าผ่า Z_2 (rooms block) 61
4.24 ส่วนของคุณลักษณะย่านป้องกันฟ้าผ่า Z_3 (operating block) 63
4.25 ส่วนของคุณลักษณะย่านป้องกันฟ้าผ่า Z_4 (intensive care unity) 64
4.26 ส่วนของผลจากการประเมินความเสี่ยง R_1 ของโรงพยาบาล 66
4.27 ส่วนของการใช้มาตรการป้องกันวิธีที่1 ของโรงพยาบาล 71
4.28 ส่วนของการใช้มาตรการป้องกันวิธีที่2 ของโรงพยาบาล 71
4.29 ส่วนของการใช้มาตรการป้องกันวิธีที่3 ของโรงพยาบาล 72
4.30 ส่วนของคุณลักษณะอพาร์ทเม้นท์ 76
4.31 ส่วนของคุณลักษณะระบบบริการที่เป็นระบบจำหน่ายแรงต่ำของอพาร์ทเม้นท์ 77
4.32 ส่วนของคุณลักษณะระบบบริการที่เป็นระบบสื่อสารโทรคมนาคมของอพาร์ทเม้นท์ 78

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

ในบทจะกล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของวิทยานิพนธ์ วัตถุประสงค์ ขอบเขตและขั้นตอนของการศึกษาและวิธีดำเนินการ ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากวิทยานิพนธ์ รวมทั้งลำดับเนื้อหาในบทถัดไป เพื่อให้เห็นภาพรวมของการศึกษาภายในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

มาตรฐานการป้องกันฟ้าผ่าสำหรับสิ่งปลูกสร้างของIEC[3-6]ที่ผ่านมา มีความซับซ้อนยากที่จะเข้าใจ โดยเฉพาะเรื่องเกี่ยวกับการประเมินความเสี่ยง[3] อีกทั้งประเทศไทยก็ได้ใช้มาตรฐานการป้องกันฟ้าผ่าสำหรับสิ่งปลูกสร้าง[1]อ้างอิงตามมาตรฐานIEC[3-6]นี้ อย่างไรก็ตามมาตรฐานการป้องกันฟ้าผ่าได้ถูกตีพิมพ์เผยแพร่ใหม่ในปี ค.ศ. 2006 โดย IEC ภายใต้ชุดของมาตรฐานIEC 62305-xซึ่งให้ข้อมูลโดยละเอียดเกี่ยวกับตัวแปรทางฟ้าผ่า[7] การประเมินความเสี่ยง[8] การออกแบบระบบป้องกันฟ้าผ่า[9]และระบบป้องกันแม่เหล็กไฟฟ้าจากฟ้าผ่า[10]ดังนั้นกระผมจึงมีความมุ่งหวังที่จะพัฒนาโปรแกรมประเมินความเสี่ยงตามมาตรฐานIEC 62305-2ที่ให้ข้อมูลเกี่ยวกับการป้องกันฟ้าผ่าในส่วนของการประเมินความเสี่ยงซึ่งสามารถให้วิศวกรนำไปใช้และเพิ่มความเข้าใจเกี่ยวกับการประเมินความเสี่ยงอย่างถูกต้อง

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะเกี่ยวข้องกับมาตรฐานIEC 62305-2 คือการบริหารความเสี่ยงซึ่งเป็นส่วนที่ถูกนำไปใช้ในการประเมินความเสี่ยงสำหรับสิ่งปลูกสร้างและระบบบริการอันเนื่องมาจากวาบฟ้าผ่าลงดิน โดยจะมีกระบวนการในการหาค่าความเสี่ยงและเลือกค่าความเสี่ยงที่ยอมรับได้ในคราวเดียวกัน จากการบริหารความเสี่ยงก็จะสามารถเลือกมาตรการป้องกันฟ้าผ่าที่เหมาะสมเพื่อลดความเสี่ยงให้ต่ำกว่าค่าความเสี่ยงที่ยอมรับได้

1.2 วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์

วัตถุประสงค์ของการศึกษาวิจัยมีดังต่อไปนี้

1) ศึกษาการประเมินความเสี่ยงของความเสียหายจากฟ้าผ่าตามมาตรฐาน IEC 62305-2

2) พัฒนาโปรแกรมประเมินความเสี่ยงของความเสียหายจากฟ้าผ่าตามมาตรฐาน IEC 62305-2ให้มีความสะดวกรวดเร็วมากยิ่งขึ้น

3) ทดสอบเปรียบเทียบโปรแกรมประเมินความเสี่ยงของความเสียหายจากฟ้าผ่าตามมาตรฐาน IEC 62305-2

1.3 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์

พัฒนาโปรแกรมประเมินความเสี่ยงของความเสียหายจากฟ้าผ่าตามมาตรฐาน IEC 62305-2 ซึ่งสามารถประเมินความเสี่ยงของสิ่งปลูกสร้างโดยทั่วไป เช่น บ้านในชนบท ออฟฟิศ โรงพยาบาล และ อพาร์ทเม้นท์ แล้วแสดงผลในรูปแบบของตารางข้อมูลและกราฟได้

1.4 ขั้นตอนการศึกษาและวิธีดำเนินการ

การศึกษาวิจัยจะดำเนินไปตามขั้นตอนหลักต่อไปนี้

1) ศึกษามาตรฐานและเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประเมินความเสี่ยงของความเสียหายจากฟ้าผ่า

2) ศึกษาการเขียนโปรแกรมไมโครซอฟต์วิชัวล์เบสิก.เน็ต

3) ทำการพัฒนาโปรแกรมประเมินความเสี่ยงของความเสียหายจากฟ้าผ่าตามมาตรฐาน

4) ทำการทดสอบโปรแกรมประเมินความเสี่ยงของความเสียหายจากฟ้าผ่าตามมาตรฐาน

5) สรุปและเขียนวิทยานิพนธ์

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากวิทยานิพนธ์

1) มีความรู้เรื่องการประเมินความเสี่ยงของความเสียหายจากฟ้าผ่าตามมาตรฐาน IEC 62305-2

2) ใช้โปรแกรมประเมินความเสี่ยงของความเสียหายจากฟ้าผ่าได้กับสิ่งปลูกสร้างทั่วไป สามารถระบุย่านการป้องกันฟ้าผ่าพร้อมทั้งเลือกมาตรการป้องกันฟ้าผ่าทั้งแบบอัตโนมัติหรือเลือกโดยผู้ใช้ และแสดงผลในรูปแบบของตารางข้อมูลและกราฟได้

1.6 เนื้อหาของวิทยานิพนธ์

เนื้อหาของวิทยานิพนธ์ที่จะนำเสนอในแต่ละบทเรียงลำดับดังนี้

บทที่ 2 กล่าวถึงทฤษฎีเกี่ยวกับการประเมินความเสี่ยงของความเสียหายจากฟ้าผ่า

บทที่ 3 กล่าวถึงโปรแกรมประเมินความเสี่ยงของความเสียหายจากฟ้าผ่าตามมาตรฐาน IEC 62305-2 ซึ่งแสดงแนวคิดในการออกแบบโปรแกรมพร้อมทั้งอธิบายรายละเอียดต่างๆ

บทที่ 4 กล่าวถึงตัวอย่างการประเมินความเสี่ยงของความเสียหายจากฟ้าผ่า

บทที่ 5 เป็นบทสรุปและข้อเสนอแนะ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

ทฤษฎีเกี่ยวกับการประเมินความเสี่ยงของความเสียหายจากฟ้าผ่า

ในบทนี้จะกล่าวถึงความเสียหายและความสูญเสีย ส่วนประกอบความเสี่ยงที่สัมพันธ์กับจุดที่ฟ้าผ่าสัมผัสสิ่งปลูกสร้าง ความถี่ของการเกิดฟ้าผ่า ความน่าจะเป็นของความเสียหายและความสูญเสียของชีวิตมนุษย์และมาตรการป้องกันฟ้าผ่าตามลำดับ

2.1 ความเสียหายและความสูญเสีย

กระแสฟ้าผ่าคือแหล่งกำเนิดพื้นฐานของความเสียหาย(Sources of damage) ซึ่งสามารถแยกตามจุดที่ฟ้าผ่าสัมผัสสิ่งปลูกสร้างได้ดังต่อไปนี้

$S1$ คือ สัมผัสสิ่งปลูกสร้างโดยตรง

$S2$ คือ สัมผัสใกล้สิ่งปลูกสร้าง

$S3$ คือ สัมผัสระบบบริการที่ต่อกับสิ่งปลูกสร้างโดยตรง

$S4$ คือ สัมผัสใกล้ระบบบริการที่ต่อกับสิ่งปลูกสร้าง

ความเสียหายเนื่องจากฟ้าผ่าอาจจำกัดในส่วนของสิ่งปลูกสร้างหรือแผ่ขยายไปยังสิ่งที่อยู่บริเวณใกล้เคียงเช่นผลของการเกิดฟ้าผ่าอาจนำไปสู่ความโกลาหลหรืออาจถึงขั้นทำให้เกิดระเบิด และการแพร่กระจายของสารอันตราย เช่น วัสดุกัมมันตภาพรังสี สารเคมี สารพิษ เชื้อโรคทางชีวเคมี แบคทีเรียโดยมาตรฐาน IEC ได้แบ่งชนิดความเสียหาย (Types of damage) ที่เป็นผลของฟ้าผ่าได้ดังต่อไปนี้

$D1$ คือ ความบาดเจ็บต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่

$D2$ คือ ความเสียหายทางกายภาพต่อสิ่งปลูกสร้าง

$D3$ คือ ความล้มเหลวของระบบไฟฟ้าและระบบอิเล็กทรอนิกส์

ความเสียหายอาจก่อให้เกิดความสูญเสียแบบต่างๆ ซึ่งชนิดของความสูญเสีย (Types of loss) จะขึ้นกับคุณลักษณะของสิ่งปลูกสร้างดังต่อไปนี้

$L1$ คือ ความสูญเสียชีวิตมนุษย์

$L2$ คือ ความสูญเสียบริการสาธารณะ

$L3$ คือ ความสูญเสียทางมรดกและวัฒนธรรม

$L4$ คือ ความสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ชนิดของความเสียหายและชนิดของความสูญเสียที่เป็นผลของแหล่งกำเหนิดของความเสียหายต่างๆ ยกตัวอย่างเช่นฟ้าผ่าสัมผัสสิ่งปลูกสร้างทางสื่อสารโทรคมนาคมโดยตรง ($S3$) ซึ่งนำไปสู่ความล้มเหลวของระบบไฟฟ้าและระบบอิเล็กทรอนิกส์ ($D3$) และนำมาสู่ความสูญเสียบริการสาธารณะ ($L2$) ดังแสดงในตารางที่2.1

ตารางที่ 2.1 แหล่งกำเนิดของความเสียหาย ชนิดของความเสียหายและชนิดของความสูญเสียตามจุดฟ้าผ่า

		สิ่งปลูกสร้าง	
จุดฟ้าผ่า	แหล่งกำเหนิดของความเสียหาย	ชนิดของความเสียหาย	ชนิดของความสูญเสีย
สัมผัสสิ่งปลูกสร้างโดยตรง	$S1$	$D1$ $D2$ $D3$	$L1, L4^{2)}$ $L1, L2, L3, L4$ $L1^{1)}, L2, L4$
สัมผัสใกล้สิ่งปลูกสร้าง	$S2$	$D3$	$L1^{1)}, L2, L4$
สัมผัสระบบบริการโดยตรง	$S3$	$D1$ $D2$ $D3$	$L1, L4^{2)}$ $L1, L2, L3, L4$ $L1^{1)}, L2, L4$
สัมผัสใกล้ระบบบริการ	$S4$	$D3$	$L1^{1)}, L2, L4$
1) สำหรับสิ่งปลูกสร้างที่เสี่ยงต่อการระเบิดหรือโรงพยาบาลหรือสิ่งปลูกสร้างอื่นที่ทำให้เกิดอันตรายต่อชีวิตมนุษย์เนื่องจากความล้มเหลวของระบบไฟฟ้าและระบบอิเล็กทรอนิกส์			
2) สำหรับพื้นที่ซึ่งเกิดความเสียหายกับสัตว์			

2.2 ส่วนประกอบความเสี่ยงที่สัมพันธ์กับจุดที่ฟ้าผ่าสัมผัสสิ่งปลูกสร้าง

2.2.1 ฟ้าผ่าสัมผัสสิ่งปลูกสร้างโดยตรง

ส่วนประกอบความเสี่ยง (Risk components) ที่เกิดขึ้นคือ

R_A คือ อาการกระตุกจากไฟฟ้าช็อตของสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่

R_B คือ ความเสียหายทางกายภาพ

สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

R_C คือ ความล้มเหลวของระบบไฟฟ้าและระบบอิเล็กทรอนิกส์

2.2.2 ฟ้าผ่าสัมผัสใกล้สิ่งปลูกสร้าง

ส่วนประกอบความเสี่ยงที่เกิดขึ้นคือ

R_M คือ ความล้มเหลวของระบบไฟฟ้าและระบบอิเล็กทรอนิกส์

2.2.3 ฟ้าผ่าสัมผัสระบบบริการโดยตรง

ส่วนประกอบความเสี่ยงที่เกิดขึ้นคือ

R_U คือ อาการกระตุกจากไฟฟ้าช็อตของสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่

R_V คือ ความเสียหายทางกายภาพ

R_W คือ ความล้มเหลวของระบบไฟฟ้าและระบบอิเล็กทรอนิกส์

2.2.4 ฟ้าผ่าสัมผัสใกล้ระบบบริการ

ส่วนประกอบความเสี่ยงที่เกิดขึ้นคือ

R_Z คือ ความล้มเหลวของระบบไฟฟ้าและระบบอิเล็กทรอนิกส์

แต่ละส่วนประกอบความเสี่ยง R_A, R_B, R_C, R_M, R_U, R_V, R_W, R_Z สามารถแสดงได้ดังสมการ

$$R_X = N_X \bullet P_X \bullet L_X \tag{2.1}$$

โดยที่ N_X คือ จำนวนเหตุการณ์ความเสียหายต่อปี

P_X คือ ความน่าจะเป็นของความเสียหายของสิ่งปลูกสร้าง

L_X คือ ความสูญเสียที่เกิดขึ้น

$$N_X = N_g \bullet A_X \tag{2.2}$$

โดยที่ N_g คือ ความหนาแน่นวาบฟ้าผ่าลงดินเฉลี่ยต่อปี หน่วยเป็น จำนวนครั้งต่อตารางกิโลเมตรต่อปี ซึ่งขึ้นกับพื้นที่ตั้งของสิ่งปลูกสร้าง

A_X คือ พื้นที่รับฟ้าผ่าสมมูลของสิ่งปลูกสร้าง หน่วยเป็น ตารางกิโลเมตร

โดยมาตรฐานIECได้แบ่งส่วนประกอบความเสี่ยงเป็น4พื้นที่ความเสี่ยงดังต่อไปนี้

R_1 คือ ความเสี่ยงต่อความสูญเสียของชีวิตมนุษย์

$$R_1 = R_A + R_B + R_C + R_M + R_U + R_V + R_W + R_Z \tag{2.3}$$

R_2 คือ ความเสี่ยงต่อความสูญเสียของบริการสาธารณะ

$$R_2 = R_B + R_C + R_M + R_V + R_W + R_Z \tag{2.4}$$

R_3 คือ ความเสี่ยงต่อความสูญเสียทางมรดกและวัฒนธรรม

$$R_3 = R_B + R_V \tag{2.5}$$

R_4 คือ ความเสี่ยงต่อความสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์

$$R_4 = R_B + R_C + R_M + R_V + R_W + R_Z \tag{2.6}$$

2.3 ความถี่ของการเกิดฟ้าผ่า N_X

2.3.1 ความถี่ของการเกิดฟ้าผ่าสัมผัสสิ่งปลูกสร้างโดยตรง N_D

ความถี่ของการเกิดฟ้าผ่าสัมผัสสิ่งปลูกสร้างโดยตรงมีค่าเท่ากับ

$$N_D = N_g \bullet A_d \bullet C_d \bullet 10^{-6} \tag{2.7}$$

โดยที่ N_g คือ ความหนาแน่นวาบฟ้าผ่าลงดิน($1/km^2/year$)

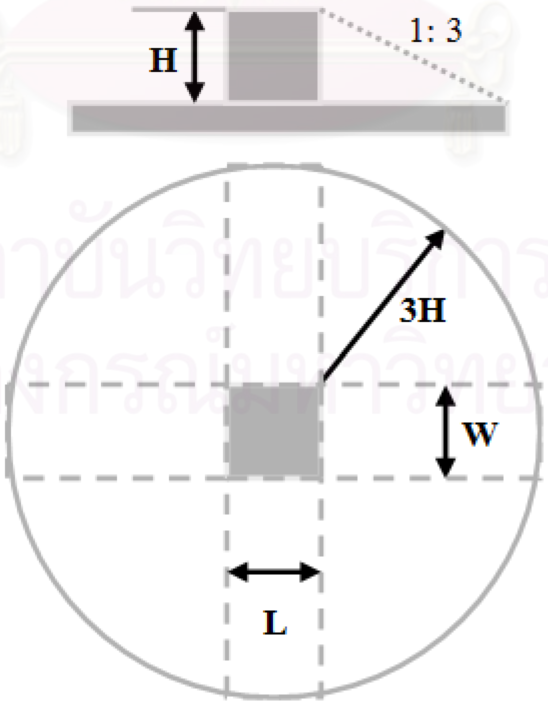
A_d คือ พื้นที่รับฟ้าผ่าสมมูล (Collection area) ของการเกิดฟ้าผ่าสัมผัสสิ่งปลูกสร้างโดยตรง (m^2) ดังรูปที่2.1และสามารถแสดงได้ดังสมการ

$$A_d = L \bullet W + 6 \bullet H \bullet (L+W) + 9 \bullet \pi \bullet (H)^2 \tag{2.8}$$

$$A_d^{/} = 9 \bullet \pi \bullet (H_p)^2 \tag{2.9}$$

โดยที่ H_p คือ ความสูงของหลังคา

C_d คือ ตัวแปรสถานที่ตั้ง (Location factor) ดังแสดงในตารางที่2.2



รูปที่2.1 พื้นที่รับฟ้าผ่าสมมูล A_d ของการเกิดฟ้าผ่าสัมผัสสิ่งปลูกสร้างโดยตรง

ตารางที่ 2.2 ตัวแปรสถานที่ตั้ง C_d

สถานที่ตั้งที่สัมพันธ์กับสิ่งปลูกสร้าง	C_d
กระจายตัวด้วยสิ่งปลูกสร้างหรือต้นไม้ที่สูงกว่า	0.25
กระจายตัวด้วยสิ่งปลูกสร้างหรือต้นไม้ที่สูงเท่ากันหรือต่ำกว่า	0.5
ไม่มีสิ่งปลูกส้างอื่นอยู่ใกล้เคียง	1
ตั้งอยู่บนยอดเขาหรือล้อมรอบด้วยเนินเขา	2

2.3.2 ความถี่ของการเกิดฟ้าผ่าใกล้สิ่งปลูกสร้าง N_M

ความถี่ของการเกิดฟ้าผ่าใกล้สิ่งปลูกสร้างมีค่าเท่ากับ

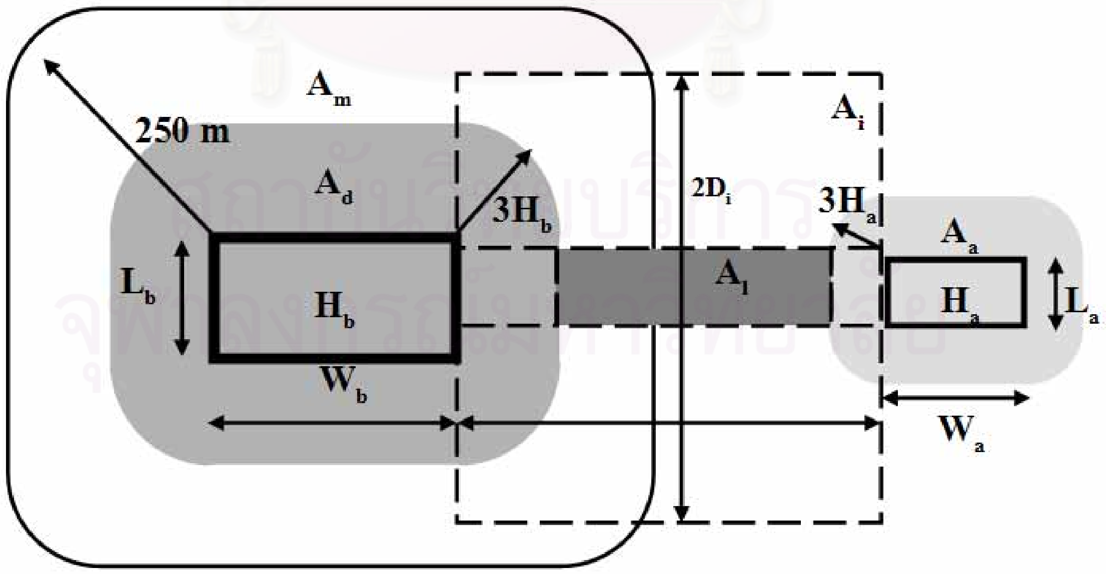
$$N_M = N_g \bullet (A_M - A_d \bullet C_d) \bullet 10^{-6} \tag{2.10}$$

โดยที่ N_g คือ ความหนาแน่นวาบฟ้าผ่าลงดิน($1/km^2/year$)

A_d คือ พื้นที่รับฟ้าผ่าสมมูล (Collection area) ของการเกิดฟ้าผ่าสัมผัสสิ่งปลูกสร้างโดยตรง (m^2) ดังรูปที่2.1

A_M คือ พื้นที่รับฟ้าผ่าสมมูล (Collection area) ของการเกิดฟ้าผ่าใกล้สิ่งปลูกสร้าง (m^2) เป็นระยะทาง250เมตรรอบสิ่งปลูกสร้างดังรูปที่2.2

C_d คือ ตัวแปรสถานที่ตั้ง (Location factor) ดังแสดงในตารางที่2.2



รูปที่ 2.2 พื้นที่รับฟ้าผ่าสมมูล A_d , A_m , A_l , A_i , A_a

2.3.3 ความถี่ของการเกิดฟ้าผ่าสัมผัสระบบบริการโดยตรง N_L

ความถี่ของการเกิดฟ้าผ่าสัมผัสระบบบริการโดยตรงมีค่าเท่ากับ

$$N_L = N_g \bullet A_l \bullet C_d \bullet C_t \bullet 10^{-6} \quad (2.11)$$

โดยที่ N_g คือ ความหนาแน่นวาบฟ้าผ่าลงดิน($1/km^2/year$)

C_d คือ ตัวแปรสถานที่ตั้ง (Location factor) ดังแสดงในตารางที่2.2

A_l คือ พื้นที่รับฟ้าผ่าสมมูล(Collection area)ของการเกิดฟ้าผ่าสัมผัสระบบบริการโดยตรง (m^2) ดังรูปที่2.2และตารางที่2.3

C_t คือ ตัวแปรหม้อแปลงไฟฟ้า(Transformer factor)ดังแสดงในตารางที่2.4

ตารางที่ 2.3 พื้นที่รับฟ้าผ่าสมมูล A_l และ A_i

พื้นที่รับฟ้าผ่าสมมูล	สายไฟขึงอากาศ	สายไฟฝังใต้ดิน
A_l	$6 \bullet H_C \bullet (L_C - 3 \bullet (H_a + H_b))$	$\sqrt{\rho} \bullet (L_C - 3 \bullet (H_a + H_b))$
A_i	$1000 \bullet L_C$	$25 \bullet L_C \bullet \sqrt{\rho}$

ตารางที่ 2.4 ตัวแปรหม้อแปลงไฟฟ้า C_t

หม้อแปลงไฟฟ้า	C_t
มีหม้อแปลง	0.2
ไม่มี	1

2.3.4 ความถี่ของการเกิดฟ้าผ่าสัมผัสใกล้ระบบบริการ N_I

ความถี่ของการเกิดฟ้าผ่าสัมผัสใกล้ระบบบริการมีค่าเท่ากับ

$$N_I = N_g \bullet A_i \bullet C_e \bullet C_t \bullet 10^{-6} \quad (2.12)$$

โดยที่ N_g คือ ความหนาแน่นวาบฟ้าผ่าลงดิน($1/km^2/year$)

A_i คือ พื้นที่รับฟ้าผ่าสมมูล (Collection area) ของการเกิดฟ้าผ่าสัมผัสใกล้ระบบบริการ (m^2) ดังรูปที่2.2และตารางที่2.3

C_t คือ ตัวแปรหม้อแปลงไฟฟ้า(Transformer factor)ดังแสดงในตารางที่2.4

C_e คือ ตัวแปรสิ่งแวดล้อม(Environmental factor) ดังแสดงในตารางที่2.5

ตารางที่ 2.5 ตัวแปรสิ่งแวดล้อม C_e

สิ่งแวดล้อมที่สัมพันธ์กับสิ่งปลูกสร้าง	C_e
ลักษณะของเมืองที่สิ่งปลูกสร้างมีความสูงกว่า 20 เมตร	0
ลักษณะของเมืองที่สิ่งปลูกสร้างมีความสูงระหว่าง 10 ถึง 20 เมตร	0.1
ลักษณะของชานเมืองที่สิ่งปลูกสร้างมีความสูงน้อยกว่า 10 เมตร	0.5
ชนบท	1

2.4 ความน่าจะเป็นของความเสียหาย P_X

2.4.1 ความน่าจะเป็นของความเสียหายด้วยผลของฟ้าผ่าสัมผัสสิ่งปลูกสร้างโดยตรง

โดยที่ P_A คือ ความน่าจะเป็นของความเสียหายสำหรับอาการกระตุกจากไฟฟ้าช็อตซึ่งเป็นฟังก์ชั่นของมาตรการป้องกันฟ้าผ่าดังแสดงในตารางที่2.6

ตารางที่ 2.6 ค่าของความน่าจะเป็น P_A ที่ฟ้าผ่าสัมผัสสิ่งปลูกสร้างโดยตรงนำมาซึ่งความเสียหายสำหรับอาการกระตุกจากไฟฟ้าช็อต

มาตรการป้องกันฟ้าผ่า	P_A
ไม่มีมาตรการป้องกันฟ้าผ่า	1
การฉนวนทางไฟฟ้าของระบบตัวนำลงดิน (คลอสส์ลิงก์โพลิเอทิลีนหนา 3 มิลลิเมตร)	10^{-2}
การประสานศักย์ไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพ	10^{-2}
การทำป้ายเตือน	10^{-1}

P_B คือ ความน่าจะเป็นของความเสียหายทางกายภาพซึ่งเป็นฟังก์ชั่นของระดับการป้องกันฟ้าผ่า(Lightning protective level) ดังแสดงในตารางที่2.7

ตารางที่ 2.7 ค่าของ P_B ขึ้นอยู่กับมาตรการป้องกันฟ้าผ่าเพื่อลดความเสียหายทางกายภาพ

คุณลักษณะของสิ่งปลูกสร้าง	ระดับการป้องกันฟ้าผ่า (LPL)	P_B
ไม่มีระบบป้องกันฟ้าผ่าที่สมบูรณ์	-	1
มีระบบป้องกันฟ้าผ่าที่สมบูรณ์	IV	0.2
	III	0.1
	II	0.05

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

	I	0.02
มีระบบตัวนำล่อฟ้าด้วยระบบป้องกันฟ้าผ่าที่สมบูรณ์ระดับ I และตัวนำลงดินโดยธรรมชาติที่มีความต่อเนื่องทางไฟฟ้าหรือมีลักษณะเป็นคอนกรีตเสริมแรง		0.01
มีหลังคาโลหะและระบบตัวนำล่อฟ้าและตัวนำลงดินโดยธรรมชาติที่สมบูรณ์และมีความต่อเนื่องทางไฟฟ้ามีลักษณะเป็นคอนกรีตเสริมแรง		0.001

P_C คือ ความน่าจะเป็นของความเสียหายของการล้มเหลวของระบบไฟฟ้าและระบบอิเล็กทรอนิกส์ซึ่งเป็นฟังก์ชั่นของการประสานสัมพันธ์ระหว่างอุปกรณ์ป้องกันเสิร์จ (Surge protective devices) ขึ้นกับระดับการป้องกันฟ้าผ่าดังแสดงในตารางที่2.8

ตารางที่ 2.8 ค่าของความน่าจะเป็น P_C ขึ้นอยู่กับการออกแบบ $SPDs$ ตามระดับการป้องกันฟ้าผ่า

ระดับการป้องกันฟ้าผ่า (LPL)	P_C
ไม่มีการประสานสัมพันธ์ระหว่างอุปกรณ์ป้องกันเสิร์จ	1
$(III-IV)$	0.03
II	0.02
I	0.01

2.4.2 ความน่าจะเป็นของความเสียหายด้วยผลของฟ้าผ่าสัมผัสใกล้สิ่งปลูกสร้าง

โดยที่ P_M คือ ความน่าจะเป็นของความเสียหายของการล้มเหลวของระบบไฟฟ้าและระบบอิเล็กทรอนิกส์ด้วยผลของแม่เหล็กไฟฟ้าซึ่งเป็นฟังก์ชั่นของมาตรการป้องกันฟ้าผ่าที่ขึ้นกับตัวแปร K_{MS} ดังแสดงในสมการที่2.13และตารางที่2.10

$$K_{MS} = K_{S1} \bullet K_{S2} \bullet K_{S3} \bullet K_{S4} \tag{2.13}$$

โดยที่ K_{S1} คือ ลักษณะของระบบป้องกันฟ้าผ่าสมบูรณ์หรือการชีลด์บริเวณรอยต่อของย่านการป้องกันฟ้าผ่า $LPZ0/1$ ดังแสดงในสมการที่ 2.14

K_{S2} คือ ลักษณะของการชีลด์บริเวณภายในสิ่งปลูกสร้างบริเวณรอยต่อของย่านการป้องกันฟ้าผ่า $LPZ \quad X/Y(X>0, Y>1)$ ดังแสดงในสมการที่2.14

K_{S3} คือ ลักษณะของการเดินสายภายในดังแสดงในตารางที่2.9

K_{S4} คือ แรงดันทนอิมพัลส์ของระบบที่ถูกป้องกันดังแสดงในสมการที่2.15

$$K_{S1} = K_{S2} = 0.12 \bullet W \tag{2.14}$$

$$K_{S4} = 1.2/U_W \tag{2.15}$$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โดยที่ W คือ ความกว้างของตาข่าย(m)

U_W คือ ค่าพิกัดแรงดันทนอิมพัลส์ของระบบที่ถูกป้องกัน(kv)

ตารางที่ 2.9 ค่าของตัวแปร K_{S3} จะขึ้นอยู่กับลักษณะการเดินสายภายใน

ชนิดของการเดินสายภายใน	K_{S3}
เคเบิลไม่มีชีลด์ที่ไม่มีการใช้แนวเดินสายที่เหมาะสมเพื่อหลีกเลี่ยงพื้นที่วงปิด (ขนาดพื้นที่วงปิด 50 m^2)	1
เคเบิลไม่มีชีลด์ที่มีการใช้แนวเดินสายที่เหมาะสมเพื่อหลีกเลี่ยงพื้นที่วงปิด (ขนาดพื้นที่วงปิด 10 m^2)	0.2
เคเบิลไม่มีชีลด์ที่มีการใช้แนวเดินสายที่เหมาะสมเพื่อหลีกเลี่ยงพื้นที่วงปิด (ขนาดพื้นที่วงปิด 0.5 m^2)	0.02
เคเบิลมีชีลด์ที่มีค่าความต้านทานชีลด์ $5 < R_S \leq 20\Omega / km$	0.001
เคเบิลมีชีลด์ที่มีค่าความต้านทานชีลด์ $1 < R_S \leq 5\Omega / km$	0.0002
เคเบิลมีชีลด์ที่มีค่าความต้านทานชีลด์ $R_S \leq 1\Omega / km$	0.0001

ตารางที่2.10 ค่าของความน่าจะเป็น P_M เป็นฟังก์ชั่นของตัวแปร K_{MS}

K_{MS}	P_M
≥ 0.4	1
0.15	0.9
0.07	0.5
0.035	0.1
0.021	0.01
0.016	0.005
0.015	0.003
0.014	0.001
≤ 0.13	0.0001

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.4.3 **ความน่าจะเป็นของความเสียหายด้วยผลของฟ้าผ่าสัมผัสระบบบริการโดยตรง**

โดยที่ P_U คือ ความน่าจะเป็นความเสียหายสำหรับอาการกระตุกจากไฟฟ้าช็อต

P_V คือ ความน่าจะเป็นของความเสียหายสำหรับความเสียหายทางกายภาพ

P_W คือ ความน่าจะเป็นของความน่าจะเป็นของความเสียหายของความล้มเหลวของระบบไฟฟ้าและระบบอิเล็กทรอนิกส์

ซึ่งเป็นฟังก์ชั่นของความน่าจะเป็นของความล้มเหลวของระบบภายใน P_{LD} ดังแสดงในตารางที่2.11และควรเปรียบเทียบกับการประสานสัมพันธ์ระหว่างอุปกรณ์ป้องกันเสิร์จคือ $P_{LD} \le P_{SPD}$

ตารางที่2.11 ค่าของความน่าจะเป็น P_{LD} ขึ้นอยู่กับความต้านทานชีลด์ R_S แรงดันทนอิมพัลส์ของระบบ U_W

$U_W\ (kv)$	$5 < R_S \le 20\ (\Omega / km)$	$1 < R_S \le 20\ (\Omega / km)$	$R_S \le 1\ (\Omega / km)$
1.5	1	0.8	0.4
2.5	0.95	0.6	0.2
4	0.9	0.3	0.04
6	0.8	0.1	0.02
ค่าความต้านทานชีลด์ $R_S(\Omega / km)$			

2.4.4 **ความน่าจะเป็นของความเสียหายด้วยผลของฟ้าผ่าสัมผัสใกล้ระบบบริการ**

โดยที่ P_Z คือ ความน่าจะเป็นของความเสียหายของการล้มเหลวของระบบไฟฟ้าและระบบอิเล็กทรอนิกส์ซึ่งเป็นฟังก์ชั่นของความน่าจะเป็นของความล้มเหลวของระบบภายใน P_{LI} ดังแสดงในตารางที่2.12และควรเปรียบเทียบกับการประสานสัมพันธ์ระหว่างอุปกรณ์ป้องกันเสิร์จคือ $P_{LI} \le P_{SPD}$

ตารางที่2.12 ค่าของความน่าจะเป็น P_{LI} ขึ้นอยู่กับความต้านทานชีลด์ R_S แรงดันทนอิมพัลส์ของระบบ U_W และลักษณะการชีลด์สาย

U_W (kv)	ไม่มีการชีลด์สาย	มีการชีลด์สายซึ่งบริภัณฑ์ไม่ได้ถูกต่อที่แท่งตัวนำประสานเดียวกัน	มีการชีลด์สายซึ่งบริภัณฑ์ถูกต่อที่แท่งตัวนำประสานเดียวกัน		
			$5 < R_S \le 20$ Ω / km	$1 < R_S \le 5$ Ω / km	$R_S \le 1$ Ω / km
1.5	1	0.5	0.15	0.04	0.02
2.5	0.4	0.2	0.06	0.02	0.008
4	0.2	0.1	0.03	0.008	0.004
6	0.1	0.05	0.02	0.004	0.002
ค่าความต้านทานชีลด์ $R_S (\Omega / km)$					

2.5 ความสูญเสียของชีวิตมนุษย์ L_X

คุณลักษณะของสิ่งปลูกสร้างจะส่งผลต่อความสูญเสียของชีวิตมนุษย์ดังสมการ

$$L_A = r_a \bullet L_t \quad (2.16)$$

$$L_U = r_u \bullet L_t \quad (2.17)$$

$$L_B = L_V = r_p \bullet h_Z \bullet r_f \bullet L_f \quad (2.18)$$

$$L_C = L_M = L_W = L_Z = L_o \quad (2.19)$$

โดยที่ L_t คือ ความสูญเสียด้วยอาการบาดเจ็บเนื่องจากแรงดันย่างก้าวดังแสดงในตารางที่2.13

ตารางที่2.13 ค่าเฉลี่ยที่เป็นตัวอย่างของ L_t

ชนิดของสิ่งปลูกสร้าง	L_t
สิ่งปลูกสร้างที่มีคนอยู่ภายใน	10^{-4}
สิ่งปลูกสร้างที่มีคนอยู่ภายนอก	10^{-2}

L_f คือ ความสูญเสียเนื่องจากความเสียหายทางกายภาพดังตารางที่2.13

ตารางที่2.14 ค่าเฉลี่ยที่เป็นตัวอย่างของ L_f

ชนิดของสิ่งปลูกสร้าง	L_f
โรงพยาบาล โรงแรม	10^{-4}
โรงงานอุตสาหกรรม อาคารพาณิชย์ โรงเรียน	5×10^{-2}
พิพิธภัณฑ์ โบสถ์	2×10^{-2}
อื่นๆ	10^{-2}

L_o คือ ความสูญเสียเนื่องจากผลของความล้มเหลวของระบบไฟฟ้าและระบบอิเล็กทรอนิกส์ดังแสดงในตารางที่2.15

ตารางที่2.15 ค่าเฉลี่ยที่เป็นตัวอย่างของ L_o

ชนิดของสิ่งปลูกสร้าง	L_o
สิ่งปลูกสร้างที่มีอันตรายของการระเบิด	10^{-1}
โรงพยาบาล	10^{-3}

r_a คือ ตัวแปรการลดความสูญเสียของชีวิตย์มนุษซึ่งขึ้นกับชนิดของดิน

r_u คือ ตัวแปรการลดความสูญเสียของชีวิตย์มนุษซึ่งขึ้นกับชนิดของพื้น

ซึ่งค่าตัวแปรการลดความสูญเสียของชีวิตย์มนุษซึ่งขึ้นกับชนิดของดินและชนิดของพื้นดังแสดงในตารางที่2.16

ตารางที่2.16 ค่าของตัวแปรการลด r_a และ r_u ซึ่งเป็นฟังก์ชั่นของชนิดของดินและพื้น

ชนิดของพื้นผิว	r_a และ r_u
เกษตรกรรม คอนกรีต	10^{-2}
หินอ่อน เซรามิก	10^{-3}
กรวด พรม	10^{-4}
ยางมะตอย ไม้ พรมน้ำมัน	10^{-5}

r_p คือ ตัวแปรการลดความสูญเสียเนื่องจากความเสียหายทางกายภาพซึ่งขึ้นกับการเตรียมการเพื่อลดผลจากไฟไหม้ดังแสดงในตารางที่2.17

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่2.17 ค่าของตัวแปรการลด r_p ซึ่งเป็นฟังก์ชั่นของการเตรียมการเพื่อลดผลจากไฟไหม้

การเตรียมการเพื่อลดผลจากไฟไหม้	r_p
ไม่มีการเตรียมการ	1
มีการเตรียมการเช่นเครื่องดับเพลิง การติดตั้งสัญญาณเตือน ทางหนีไฟ มีการแบ่งพื้นที่อาคารออกเป็นส่วนด้วยวัสดุทนไฟเพื่อป้องกันไฟลาม	0.5
มีการเตรียมการเช่นการติดตั้งระบบดับเพลิงแบบอัตโนมัติ สัญญาณเตือนแบบอัตโนมัติ	0.2

r_f คือ ตัวแปรการลดความสูญเสียเนื่องจากความเสียหายทางกายภาพซึ่งขึ้นกับความเสี่ยงไฟไหม้ของสิ่งปลูกสร้างดังแสดงในตารางที่2.18

ตารางที่2.18 ค่าของตัวแปรการลด r_f ซึ่งเป็นฟังก์ชั่นของความเสี่ยงไฟไหม้ของสิ่งปลูกสร้าง

ความเสี่ยงไฟไหม้	r_f
การระเบิด	1
สูง	10^{-1}
ปานกลาง	10^{-2}
ต่ำ	10^{-3}
ไม่มี	0

h_Z คือ ตัวแปรการเพิ่มความสูญเสียเนื่องจากความเสียหายทางกายภาพซึ่งขึ้นกับความอันตรายพิเศษดังแสดงในตารางที่2.19

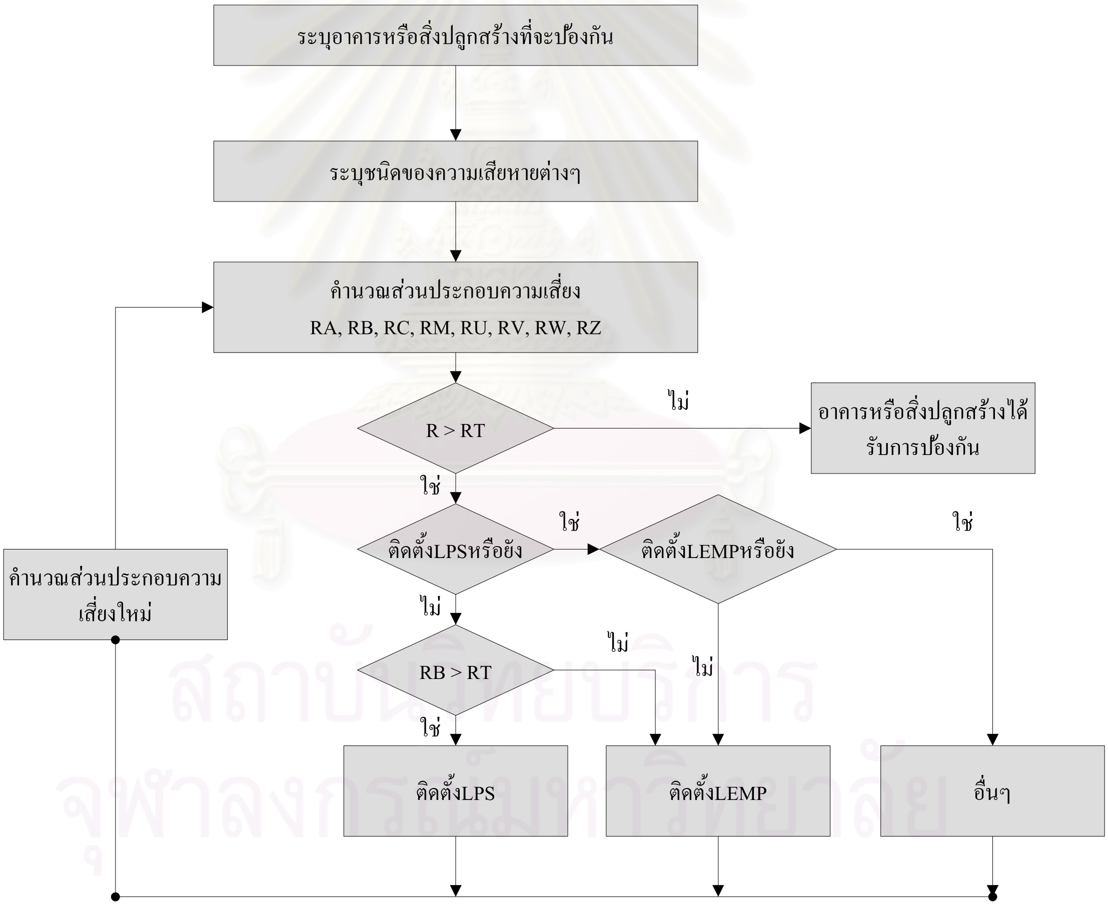
ตารางที่2.19 ค่าของตัวแปรการเพิ่ม h_Z ซึ่งสัมพันธ์กับปริมาณความสูญเสียที่เกิดขึ้นกับความอันตรายพิเศษ

ชนิดของความอันตรายพิเศษ	h_Z
ไม่มีอันตรายพิเศษ	1
ความแตกตื่นตกใจต่ำ	2
ความแตกตื่นตกใจปานกลาง	5
การอพยพยากลำบาก	5
ความแตกตื่นตกใจสูง	10
อันตรายต่อสิ่งที่อยู่โดยรอบและสิ่งแวดล้อม	20
เกิดสิ่งเจือปนอันตรายต่อสิ่งที่อยู่โดยรอบและสิ่งแวดล้อม	50

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.6 ตัวเลือกของมาตรการป้องกันฟ้าผ่า

เริ่มจากตรวจสอบส่วนประกอบความเสี่ยงสำหรับความเสียหายทางกายภาพด้วยผลของฟ้าผ่าสัมผัสสิ่งปลูกสร้างโดยตรง R_B ว่าเกินค่าความเสี่ยงที่ยอมรับได้ R_T หรือไม่ ถ้าเกินก็จะต้องติดตั้งระบบป้องกันฟ้าผ่าที่สมบูรณ์โดยประกอบด้วยระบบป้องกันฟ้าผ่าภายนอกและระบบป้องกันฟ้าผ่าภายใน ([7, 8] สำหรับการออกแบบและติดตั้งระบบป้องกันฟ้าผ่า) ถ้าส่วนประกอบความเสี่ยงสำหรับความเสียหายทางกายภาพด้วยผลของฟ้าผ่าสัมผัสสิ่งปลูกสร้างโดยตรง R_B น้อยกว่าค่าความเสี่ยงที่ยอมรับได้ R_T แล้ว ให้ตรวจสอบต่อไปว่าสามารถลดความเสี่ยงจากการติดตั้งการป้องกันแม่เหล็กไฟฟ้าจากฟ้าผ่าได้หรอไม่ ขั้นตอนการเลือกมาตรการป้องกันสำหรับชนิดของความสูญเสีย $L1$ ถึง $L3$ ดังแสดงในรูปที่2.3



รูปที่ 2.3 ขั้นตอนการเลือกมาตรการป้องกันสำหรับชนิดของความสูญเสีย $L1$ ถึง $L3$

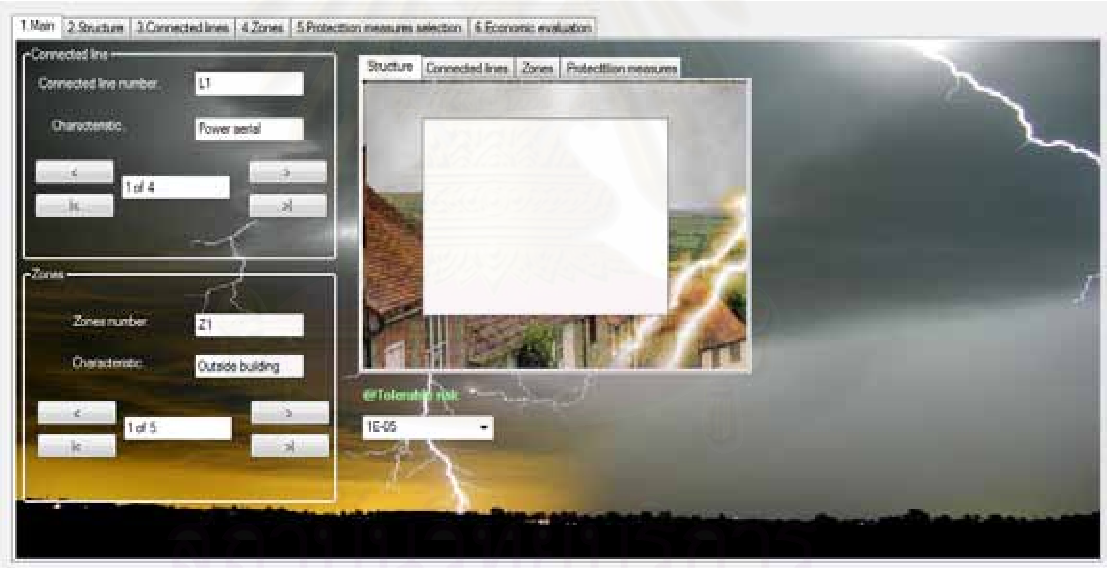
บทที่ 3

ส่วนประกอบของโปรแกรมประเมินความเสี่ยงของความเสียหายจากฟ้าผ่า

การพัฒนาโปรแกรมประเมินความเสี่ยงของความเสียหายจากฟ้าผ่า จะทำตามมาตรฐาน IEC 62305-2:2006 ซึ่งเป็นมาตรฐานที่ยอมรับและแพร่หลายทั่วโลก การออกแบบโปรแกรมจะเน้นความสะดวกในการป้อนข้อมูล และการแสดงผลในรูปแบบกราฟและตารางข้อมูล ซึ่งจะใช้การเขียนโปรแกรมไมโครซอฟต์วิชัวล์เบสิก.เน็ต ในการพัฒนาโปรแกรม

3.1 ส่วนของหน้าหลัก

ส่วนของหน้าหลักจะสรุปข้อมูลเกี่ยวกับอาคารสิ่งปลูกสร้าง ระบบบริการ หรือย่านป้องกันฟ้าผ่าและมาตรการป้องกันฟ้าผ่าจะถูกนำมาแสดงที่หน้าต่างStructure, Connected line, Zones, Protection measuresดังแสดงในรูปที่3.1



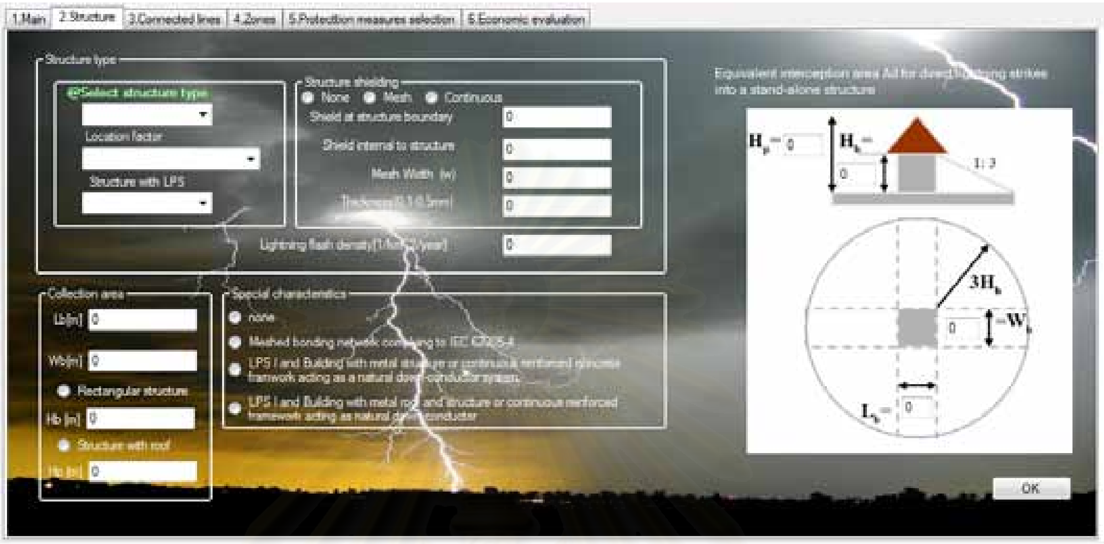
รูปที่ 3.1 ส่วนของหน้าหลัก

3.2 ส่วนของคุณลักษณะสิ่งปลูกสร้าง

ส่วนของคุณลักษณะสิ่งปลูกสร้างที่ผู้ใช้จะต้องป้อนข้อมูลดังแสดงในรูปที่3.1 และตารางที่3.1มีส่วนประกอบหลักคือ

- พื้นที่รับฟ้าผ่าสมมูลของสิ่งปลูกสร้าง(Collection area)

- รูปแบบสิ่งปลูกสร้าง(Structure type)
- คุณลักษณะเฉพาะของสิ่งปลูกสร้าง(Special characteristic)



รูปที่ 3.2 ส่วนของคุณลักษณะสิ่งปลูกสร้าง

ตารางที่ 3.1 คุณลักษณะสิ่งปลูกสร้างภายใต้การประเมินความเสี่ยง

Collection area		
L_b, W_b, H_b	Structure length, width, height in metres	• User entered
Structure type		
C_d	Height factor for surrounding object height(Location factor)	• Isolated object on a hilltop or a knoll- 2 • Isolated object: no other objects in the vicinity -1 • Object surround by object or trees of the same heights or smaller- 0.5 • Object surround by higher objects or trees- 0.25
P_B	Probability that a flash to a structure will cause physical Damage	• $None - 1$ • $LPS - IV - 0.2$

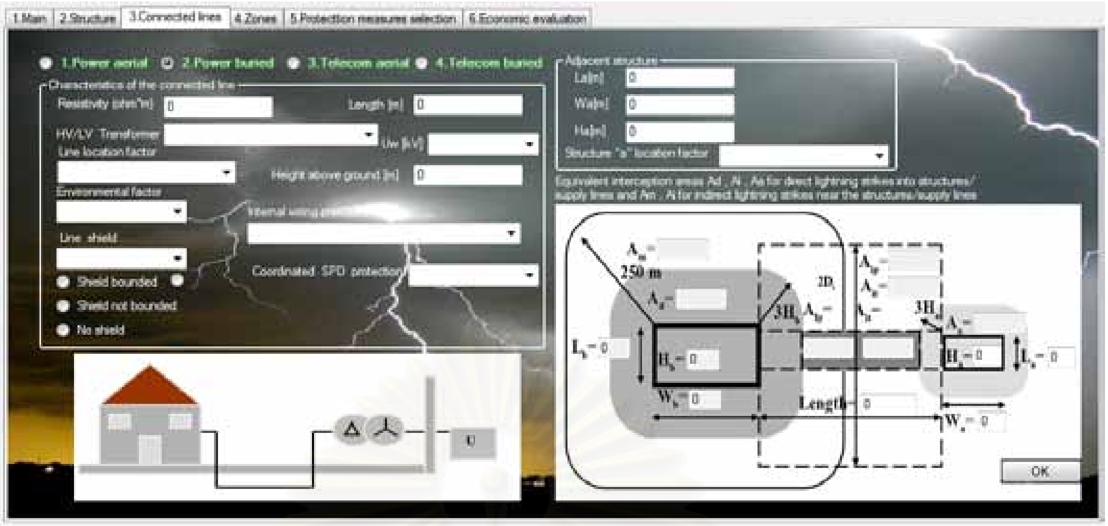
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

	(Structure with LPS)	• $LPS - III - 0.1$ • $LPS - II - 0.05$ • $LPS - I - 0.02$
K_{S1}	Screening effectiveness of external structure, LPS or other shield at boundary $LPZ0/1$ (Shield at structure boundary)	• User entered e.g. Poor-Brick, masonry, timber flammable material, non conducting material, unprotect roof installations with electrical lines to inside e.g. antennae-1.0 Average-Continuous reinforced or steel columns or down conductors (maximum spacing 20 m)-0.2 Good-All metal construction-0.0001
K_{S2}	Screening effectiveness of shield internal to the structure at boundary $LPZ\ X/Y(X>0, Y>1)$ (Shield internal to structure)	• User entered(Depend on characteristic of shielding zones) $K_{S1} = K_{S2} = 0.12 \bullet W$ e.g. No internal spatial screening of zones in side building-1.0
N_g	Lightning ground flash density $flash/km^2/year$	• User entered

3.3 ส่วนของคุณลักษณะระบบบริการ

ส่วนของคุณลักษะของระบบบริการที่ผู้ใช้ต้องป้อนข้อมูลดังแสดงในรูปที่3.2และตารางที่3.2มีส่วนประกอบหลักคือ

- คุณลักษณะของระบบบริการ(Characteristic of the connected line)
- สิ่งปลูกสร้างที่ติดกัน(Adjacent structure)



รูปที่ 3.3 ส่วนของคุณลักษณะระบบบริการ

ตารางที่ 3.2 คุณลักษณะระบบบริการภายใต้การประเมินความเสี่ยง

Characteristic of the connected line		
L_C, H_b, ρ	Structure length, height in metres, soil resistivity in Ωm	• **User entered**
C_t	Correction factor for the presence of a distribution transformer (HV/LV transformer) **Note**: A transformer is only possible for the power line	• LV line without a transformer-1.0 • MV line with a HV/LV transformer or isolation transformer-0.2
C_d	Height factor for surrounding object height(Location factor)	• Isolated object on a hilltop or a knoll-2 • Isolated object: no other objects in the vicinity -1 • Object surround by object or trees of the same heights or smaller-0.5 • Object surround by higher objects or trees-0.25
C_e	Density factor relating to service drops(Environmental factor)	• rural(**i.e.** Dense **e.g.** Sparse)- 1 • suburban($h < 10m$ **e.g.** large

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

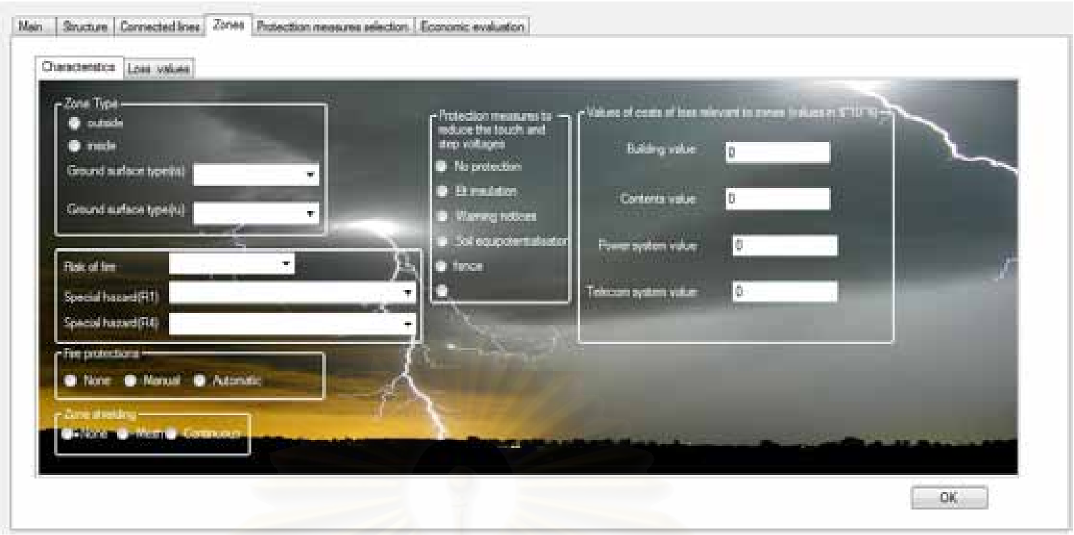
		housing development or suburb) - 0.5 • urban($10 < h < 20m$ i.e. Dense e.g. town or city)- 0.1 • urban($h < 20m$ i.e. Dense e.g. town or city)- 0
U_W	Impulse withstand voltage in kilo-volt	• 1.5 • 2.5 • 4 • 6
P_{LD}, P_{LI}	Probability of failure of electrical/ electronic equipment due to direct or strike to other overhead service line based on external wiring type.(Line shield)	• Depend on the Line shield R_S (e.g. No shield, Shield bounded, Shield not bound for P_{LI}) and the impulse withstand voltage
K_{S3}	Screening effectiveness of internal wiring type. (Internal wiring precaution)	• Depend on characteristics of internal wiring e.g. Unshielded line • No routing precaution in order to avoid loops (large buildings $A = 50m^2$)-1 • Routing precautions in order to avoid large loops ($A = 10m^2$) - 0.2 • Routing precaution in order to avoid loops ($A = 0.5m^2$) - 0.02 Shielded line • $5 < R_S \leq 20\Omega / km$ - 0.001 • $1 < R_S \leq 5\Omega / km$ - 0.0002 • $R_S \leq 1\Omega / km$ - 0.0001
K_{S4}	Correction factor for impulse level of equipment	• Depend on the impulse withstand voltage

		$K_{S4} = 1.2/U_W$
P_{SPD}	The user's selection of surge protection applies to all services and the entire structure being protected (Coordinated SPD protection)	• $None - 1$ • $LPS - IV - 0.2$ • $LPS - III - 0.1$ • $LPS - II - 0.05$ • $LPS - I - 0.02$
Adjacent structure		
(L_a, W_a, H_a)	Structure length, width, height in metres	• User entered
C_{da}	Height factor for surrounding object height(Location factor)	• Isolated object on a hilltop or a knoll- 2 • Isolated object: no other objects in the vicinity -1 • Object surround by object or trees of the same heights or smaller- 0.5 • Object surround by higher objects or trees- 0.25

3.4 ส่วนของคุณลักษณะย่านป้องกันฟ้าผ่า

ส่วนของคุณลักษะย่านป้องกันฟ้าผ่าที่ผู้ใช้ต้องป้อนข้อมูลดังแสดงในรูปที่3.4และตารางที่3.3มีส่วนประกอบหลักคือ

- คุณลักษณะของย่านป้องกันฟ้าผ่า(Characteristic of zones)
- ค่าความสูญเสีย(Loss values)
- มูลค่าความสูญเสีย(Cost of Loss)



a)

b)

รูปที่ 3.4 ส่วนของคุณลักษณะย่านป้องกันฟ้าผ่า

a) คุณลักษณะย่านป้องกันฟ้าผ่า

b) ความสูญเสียของชีวิตมนุษย์และความสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์

ตารางที่ 3.3 คุณลักษณะย่านป้องกันฟ้าผ่าภายใต้การประเมินความเสี่ยง

Characteristic of zones		
r_a , r_u	Value of reduction factor as a function of type of surface of soil or floor. (Ground surface type)	• Agricultural, concrete-10^{-2} • Marble, ceramic-10^{-3} • Gravel,moquette,carpets-10^{-4} • Asphalt,linoleum,wood-10^{-5}
r_f	Value of reduction factor as a function of risk of fire of structure that a dangerous	• Explosion-1 • High-10^{-1}

	discharge will initiate a fire, explosion, mechanical destruction or chemical release.(Risk of fire)	• Ordinary-10^{-2} • Low-10^{-3} • None-0
h_z	Value of factor increasing the relative amount of loss in presence of a special hazard. (Special hazard)	• Contamination of surrounding or environment-50 • Hazard for surroundings or environment-20 • High level of panic(**e.g.** structures designed for cultural or sport events with a number of participants greater than 1000 persons)- 10 • Difficulty of evacuation(**e.g.** structures with immobilized persons, hospitals)- 5 • Average level of panic(**e.g.** structures designed for cultural or sport events with a number of participants between 100 and 1000 persons)- 5 • Low level of panic (**e.g.** a structure limited to two floors and the number of persons not greater than 100)- 2 • No special hazard-1
r_p	Value of reduction factor as a function of provisions taken to reduce the consequences of fire(Fire protections)	• No provisions-1 • One of the following provision: extinguishers; fixed manually operated extinguishing installation; manual alarm

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

		installations; hydrants; fire proof compartments; protect escape routes- 0.5 • One of the following provisions: fixed automatically operated extinguishing installation; automatic alarm installations- 0.2
K_{S2}	Screening effectiveness of shield internal to the structure at boundary LPZ $X/Y(X>0, Y>1)$ (Shield internal to structure)	• User entered(Depend on characteristic of shielding zones) e.g. No internal spatial screening of zones in side building-1.0 $K_{S1}=K_{S2}=0.12\bullet W$
P_A	Probability that a flash to a structure will cause injury to living beings that lightning will cause a shock to animals or human beings inside and up to 3m outside of structure due to dangerous step and touch potentials. (Protection measures to reduce the touch and step voltages)	• No protection measures-1 • Warning notices-10^{-1} • Effective soil equipotentialization-10^{-2} • Electrical insulation of exposed down-conductor (e.g. at least 3 mm cross-linked polyethylene)- 10^{-2}
Loss values		
L_t	Loss due to injury by touch and step voltages; Unacceptable loss of human life due to step and touch potential inside and up to 3m outside	• All type(persons inside the building)- 10^{-4} • All type(persons outside the building)- 10^{-2}
L_f	Loss due to physical damage; Unacceptable loss of irreplaceable cultural heritage due to fire.	• User entered • Hospital, hotels, civil buildings-10^{-1}

		• Industrial, commercial, school- 5×10^{-2} • Public entertainment, museum, churches - 2×10^{-2} • Others- 10^{-2}
L_o	Loss due to failure of internal systems; Unacceptable economic loss due to overvoltages (average value of possible loss/total value structure, contents & activities)	• User entered • Structure with risk of explosion- 10^{-1} • Hospitals, hotel, Industrial properties, offices, commercial activities- 10^{-2} • Museum, Properties for public use, Agricultural properties, schools, prisons, churches, public entertainment - 10^{-3} • Others- 10^{-4}
Cost of loss		
C_B	Cost of the building	• User entered
C_C	Cost of the contents	• User entered
C_A	Cost of the building	• User entered
C_{SP}	Cost of power system in the structure	• User entered
C_{ST}	Cost of telecom system in the structure	• User entered

3.5 ส่วนของการเลือกมาตรการป้องกัน

ส่วนของการเลือกมาตรการป้องกันฟ้าผ่าที่ผู้ใช้ต้องป้อนข้อมูลดังแสดงในรูปที่3.5 และตารางที่3.4มีส่วนประกอบหลักคือ

- รูปแบบตารางข้อมูลและกราฟ
- มาตรการป้องกันฟ้าผ่าทั้งแบบอัตโนมัติหรือเลือกโดยผู้ใช้

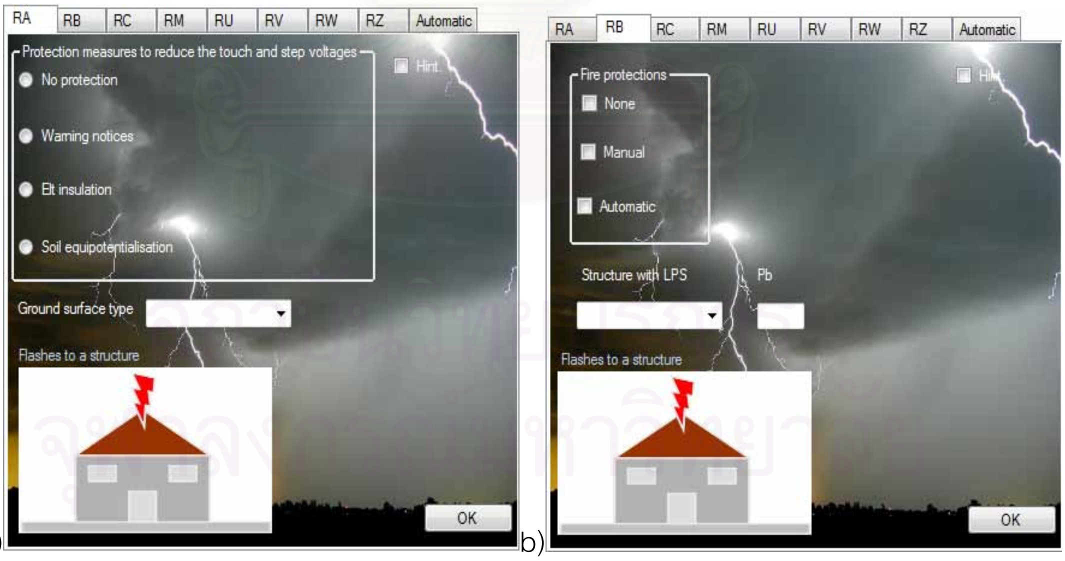
รูปที่ 3.5 ส่วนของการเลือกมาตรการป้องกันฟ้าผ่า

ตารางที่3.4 มาตรการป้องกันฟ้าผ่าภายใต้การประเมินความเสี่ยง

Manual Calculation		
R_A	Risk component for electric shocks to living beings as a result of direct lightning strikes	• Depend on the protective measures to reduce the touch and step voltages and Ground surface type
R_B	Risk component for physical damage as a result of direct lightning strikes	• Depend on the LPS class and Fire protection
R_C	Risk of malfunctioning of electrical and electronic systems as a result of surges caused by direct lightning strikes	• Depend on the Coordinated SPD protection
R_M	Risk of malfunctioning of electrical and electronic systems as a result of surges caused by direct lightning strikes near the building or structure	• Depend of the adopted lightning protection measure (LPM) according to a factor K_{MS}
R_U	Risk components for electric shocks to living beings in the event of direct lightning strikes to utility lines entering the building or structure	

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<table>
<tr><td>R_V</td><td>Risk components for physical damage in the event of direct lightning strikes to utility lines entering the building or structure</td><td rowspan="2">• Depend on the service shield (R_S), the impulse withstand voltage, the typical protection measures and the $SPDs$ at the entrance of the structure:</td></tr>
<tr><td>R_W</td><td>Risk of failure of electrical and electronic systems as a result of surges caused by direct lightning strikes to utility lines entering the building or structure.</td></tr>
<tr><td>R_Z</td><td>Risk of failure of electrical and electronic systems as a result of surges caused by direct lightning strikes to the ground next to the utility lines entering the building or structure</td><td>• Depend on the service shield (R_S), the impulse withstand voltage, the typical protection measures and the $SPDs$ at the entrance of the structure</td></tr>
</table>

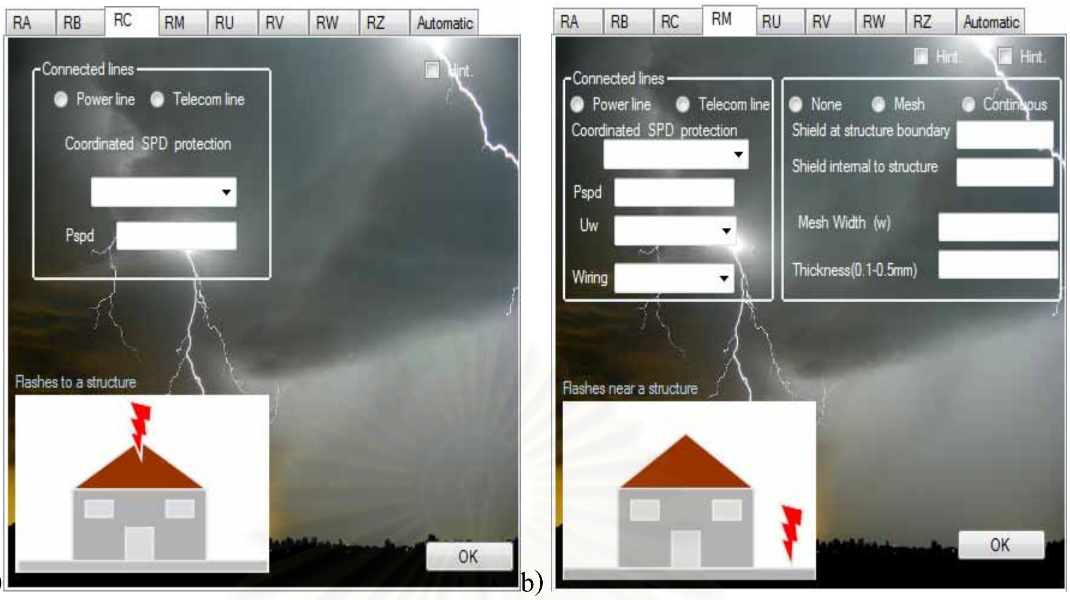


รูปที่ 3.6 ส่วนของการเลือกมาตรการป้องกันฟ้าผ่าโดยผู้ใช้ R_A , R_B

a) เพื่อแก้ไขส่วนประกอบความเสี่ยง R_A

b) เพื่อแก้ไขส่วนประกอบความเสี่ยง R_B

a) b)

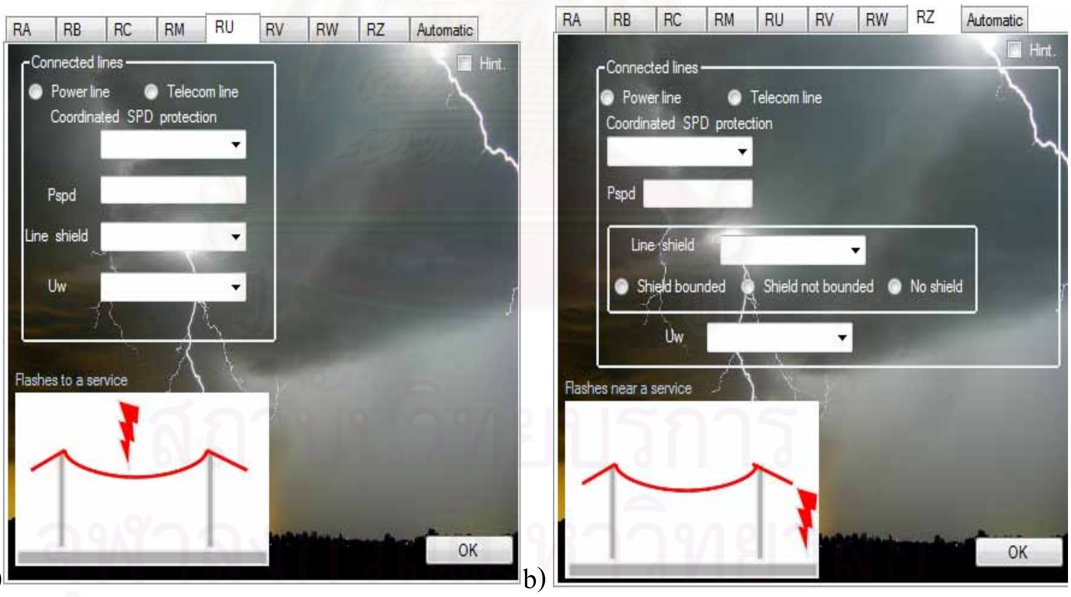


รูปที่ 3.7 ส่วนของการเลือกมาตรการป้องกันฟ้าผ่าโดยผู้ใช้ R_C , R_M

a) เพื่อแก้ไขส่วนประกอบความเสี่ยง R_C

b) เพื่อแก้ไขส่วนประกอบความเสี่ยง R_M

a) b)



รูปที่ 3.8 ส่วนของการเลือกมาตรการป้องกันฟ้าผ่าโดยผู้ใช้ R_U , R_V , R_W , R_Z

a) เพื่อแก้ไขส่วนประกอบความเสี่ยง R_U , R_V , R_W

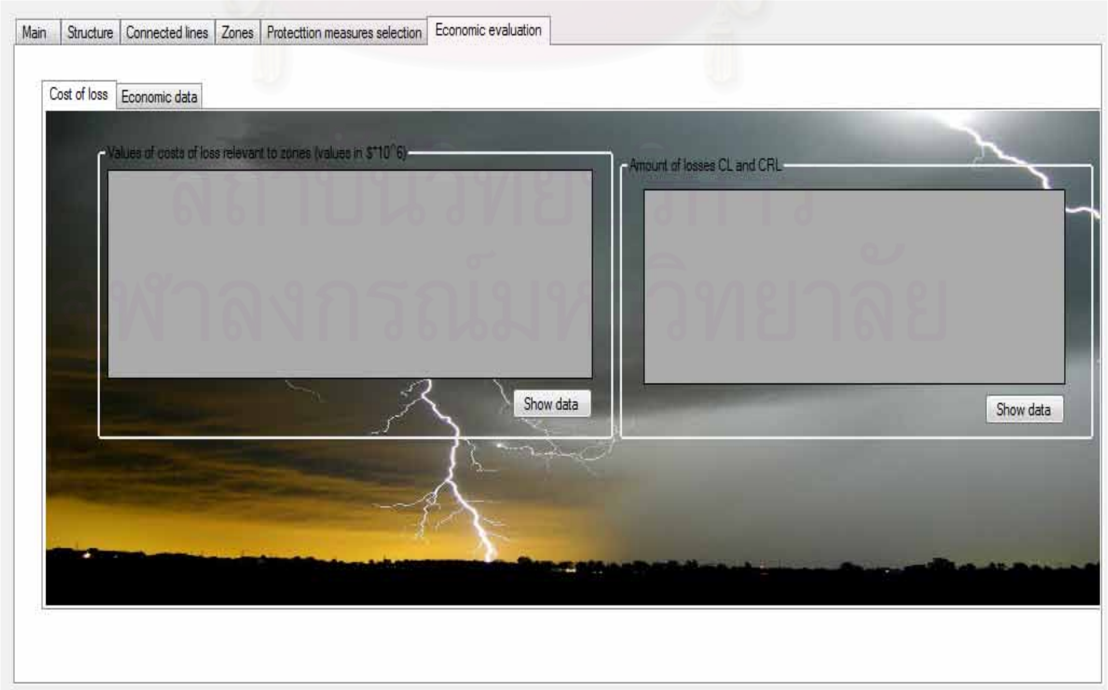
b) เพื่อแก้ไขส่วนประกอบความเสี่ยง R_Z

รูปที่ 3.9 ส่วนของการเลือกมาตรการป้องกันฟ้าผ่าโดยอัตโนมัติ

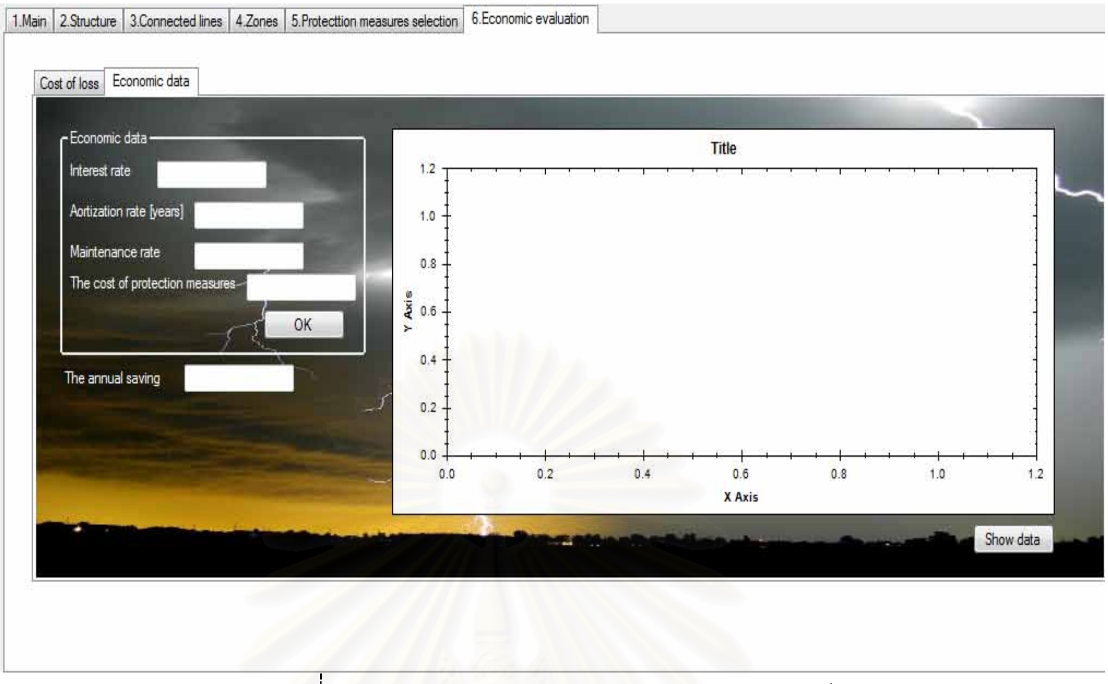
3.6 การประเมินทางเศรษฐศาสตร์

ส่วนของการประเมินทางเศรษฐศาสตร์ที่ผู้ใช้ต้องป้อนข้อมูลดังแสดงในรูปที่3.10 และตารางที่3.4มีส่วนประกอบหลักคือ

- มูลค่าความสูญเสีย(Cost of loss)
- ข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์(Economic data)



สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.10 ส่วนของการประเมินทางเศรษฐศาสตร์

ตารางที่3.5 ส่วนของการประเมินทางเศรษฐศาสตร์

Evaluation of costs of loss		
i	The interest rate	• User entered
a	The amortization rate	• User entered
m	The maintenance rate	• User entered
S	The annual saving	• User entered

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

ตัวอย่างการประเมินความเสี่ยงของความเสียหายจากฟ้าผ่า

ฟ้าผ่าเป็นปรากฏการณ์ธรรมชาติอันสวยงามและน่าสะพรึงกลัวซึ่งแม้กระทั่งทุกวันนี้เราก็ยังไม่สามารถสร้างทฤษฎีขึ้นมาอธิบายการเกิดฟ้าผ่าได้อย่างครบถ้วนได้ จึงอาศัยแต่การตั้งสมมุติฐานขึ้นมาแต่ยังโชคดีที่เราสามารถหาวิธีป้องกันฟ้าผ่าและการประเมินความเสี่ยงจากฟ้าผ่าได้ ผลอันทำให้การสร้างอาคารสูงไม่ได้รับอันตรายจากฟ้าผ่า ในบทนี้จะเสนอตัวอย่างที่จะนำมาประเมินความเสี่ยงของความเสียหายจากฟ้าผ่าได้แก่ บ้านในชนบท ออฟฟิศ โรงพยาบาล อพาร์ทเม้นท์ ซึ่งจะแสดงให้เห็นว่าจะสามารถประเมินความเสี่ยงของสิ่งปลูกสร้างได้อย่างไร ต้องมีการป้องกันฟ้าผ่าหรือไม่ ความเสี่ยงเกิดจากส่วนประกอบความเสี่ยงใดและมีมาตรการป้องกันฟ้าผ่าอย่างไรเพื่อลดความเสี่ยงนี้

4.1 บ้านในชนบท

สำหรับตัวอย่างนี้ความเสี่ยงต่อความสูญเสียของชีวิตมนุษย์ R_1 จะถูกคำนวณและนำมาเปรียบเทียบกับความเสี่ยงที่ยอมรับได้ R_T (Tolerable Risk) สำหรับมาตรฐานIEC เท่ากับ 10^{-5} และใช้มาตรการป้องกันฟ้าผ่าที่เหมาะสมเพื่อลดความเสี่ยงต่อไป

4.1.1 คุณลักษณะของสิ่งปลูกสร้าง

- คุณลักษณะของบ้านในชนบทแสดงไว้ในตารางที่ 4.1และรูปที่4.1
- คุณลักษณะของระบบบริการที่เป็นระบบจำหน่ายแรงต่ำของบ้านในชนบทดังแสดงในตารางที่4.2และรูปที่4.2
- คุณลักษณะของระบบบริการที่เป็นระบบสื่อสารโทรคมนาคมของบ้านในชนบทดังแสดงในตารางที่4.3และรูปที่4.3

ตารางที่4.1 คุณลักษณะของบ้านในชนบท

Parameter	Comment	Symbol	Value
Dimension (m)	-	(L_b, W_b, H_b)	$15 \times 20 \times 6$
Location factor	Isolated	C_d	1
LPS	None	P_B	1
Shield at structure boundary	None	K_{S1}	1
Shield internal to structure	None	K_{S2}	1
Lightning flash density	$1/km^2/year$	N_g	4

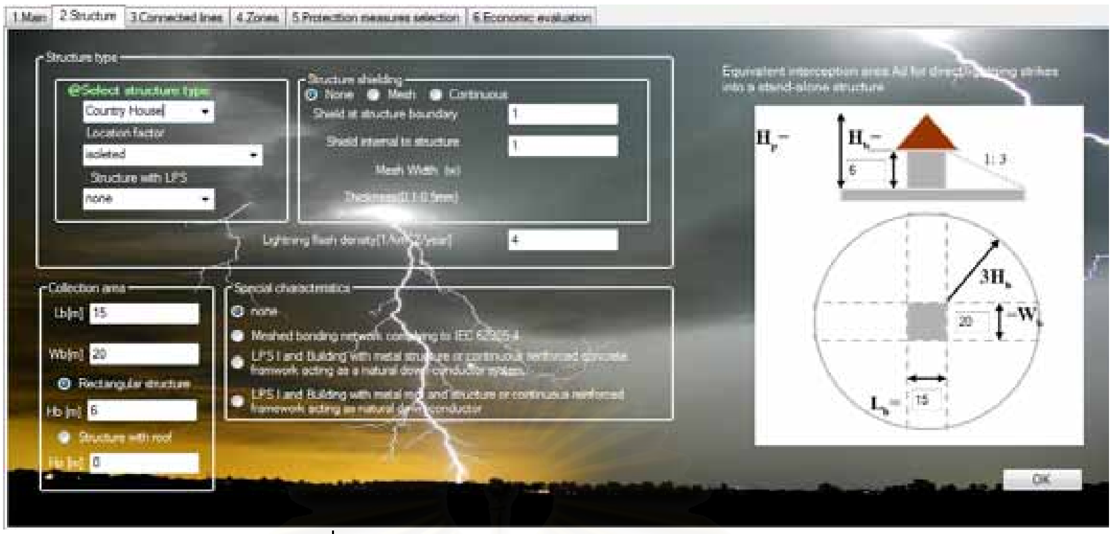
ตารางที่4.2 คุณลักษณะของระบบบริการที่เป็นระบบจำหน่ายแรงต่ำของบ้านในชนบท

Parameter	Comment	Symbol	Value
Soil resistivity	Ωm	ρ	500
Length (m)	-	L_C	1000
Height(m)	Buried	-	-
HV/LV transformer	None	C_t	1
Line location factor	Isolated	C_d	1
Line environment factor	Rural	C_e	1
Line shielding	None	P_{LD}	1
		P_{LI}	-
Internal wiring precaution	None	K_{S3}	1
Withstand of internal system	$U_W = 2.5kv$	K_{S4}	0.6
Coordinated SPD protection	None	P_{SPD}	1
End “a” line structure dimensions(m)	None	$L_a \times W_a \times H_a$	-

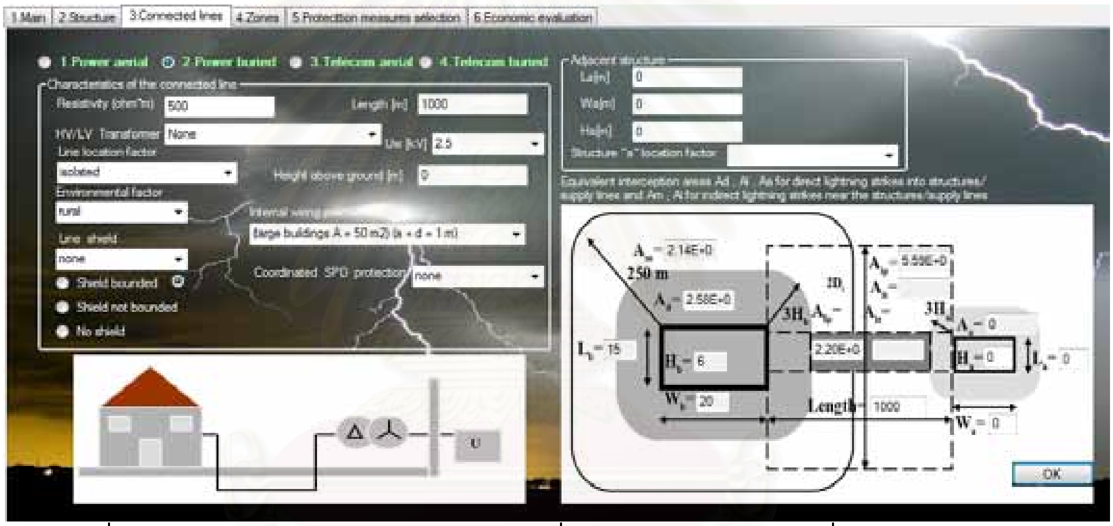
ตารางที่4.3 คุณลักษณะของระบบบริการที่เป็นระบบสื่อสารโทรคมนาคมของบ้านในชนบท

Parameter	Comment	Symbol	Value
Length(m)	-	L_C	1000
Height(m)	Aerial	H_C	6
Line location factor	Isolated	C_d	1
Line environment factor	Rural	C_e	1
Line shielding	None	P_{LD}	1
		P_{LI}	-
Internal wiring precaution	None	K_{S3}	1
Withstand of internal system	$U_W = 1.5kv$	K_{S4}	1
Coordinated SPD protection	None	P_{SPD}	1
End “a” line structure dimensions(m)	None	$L_a \times W_a \times H_a$	-

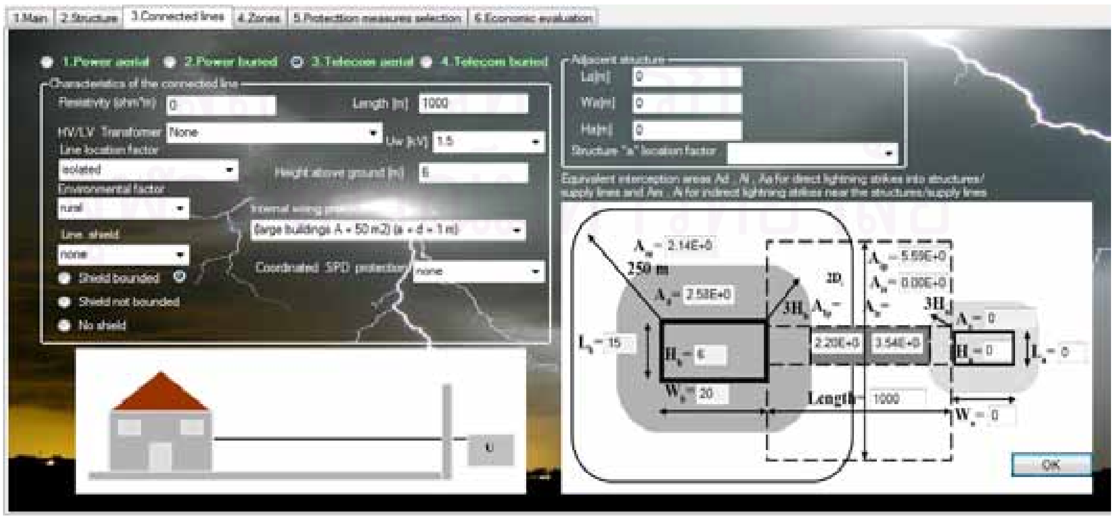
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.1 ส่วนของคุณลักษณะของบ้านในชนบท



รูปที่ 4.2 ส่วนของคุณลักษณะระบบบริการที่เป็นระบบจำหน่ายแรงต่ำของบ้านในชนบท



รูปที่ 4.3 ส่วนของคุณลักษณะระบบบริการที่เป็นระบบสื่อสารโทรคมนาคมของบ้านในชนบท

4.1.2 คุณลักษณะของย่านป้องกันฟ้าผ่า

- ชนิดของพื้นทั้งด้านในและด้านนอกสิ่งปลูกสร้างแตกต่างกัน
- มีการแบ่งพื้นที่อาคารออกเป็นส่วนด้วยวัสดุทนไฟ
- ไม่มีลักษณะของการชีลด์

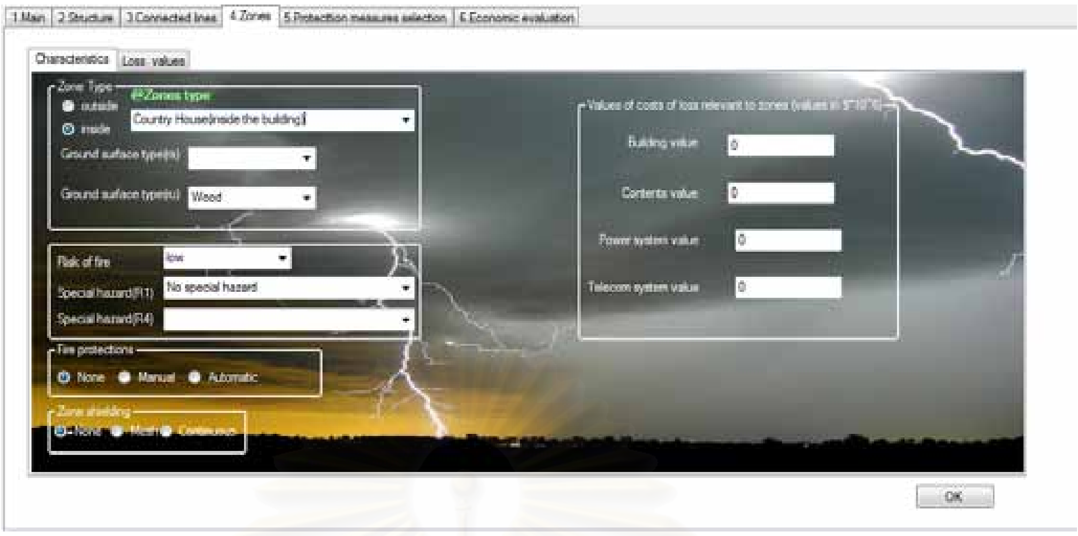
กำหนดย่านป้องกันฟ้าผ่าได้ดังนี้

- Z_1 (outside the building)
- Z_2 (inside the building)
- ระบบจำหน่ายแรงต่ำและระบบสื่อสารโทรคมนาคมอยู่ในย่านป้องกันฟ้าผ่า Z_2 (inside the building)
- กำหนดค่าตัวแปรความสูญเสีย L ดังแสดงในคุณลักษณะของย่านป้องกันฟ้าผ่า Z_2 (inside the building)

ความเสี่ยงต่อความสูญเสียของชีวิตมนุษย์ R_1 ของย่านป้องกันฟ้าผ่า Z_1 (outside the building) ไม่ต้องนำมาพิจารณา ถ้าไม่มีความเสี่ยงจากคนในบริเวณนั้น จึงพิจารณาเฉพาะย่านป้องกันฟ้าผ่า Z_2 (inside the building)โดยคุณลักษณะของย่านป้องกันฟ้าผ่า Z_2 (inside the building)ดังแสดงในตารางที่4.4และรูปที่4.4

ตารางที่4.4 คุณลักษณะของย่านป้องกันฟ้าผ่า Z_2 (inside the building)

Parameter	Comment	Symbol	Value
Floor surface type	Wood	r_u	10^{-5}
Risk of fire	Low	r_f	10^{-3}
Special hazard	None	h_Z	1
Fire protection	None	r_p	1
Spatial shield	None	K_{S2}	1
Internal power systems	Yes	Connected to LV power line	-
Internal telephone systems	Yes	Connected to telecom line	-
Loss by touch step voltage	Yes	L_t	10^{-4}
Loss by physical damage	Yes	L_f	10^{-1}



a)

b)

รูปที่ 4.4 ส่วนของคุณลักษณะย่านป้องกันฟ้าผ่า Z_2 (inside the building)

a) คุณลักษณะย่านป้องกันฟ้าผ่า Z_2 (inside the building)

b) ความสูญเสียของชีวิตมนุษย์ของย่านป้องกันฟ้าผ่า Z_2 (inside the building)

4.1.3 ความถี่ของการเกิดฟ้าผ่า

ความถี่ของการเกิดฟ้าผ่าสามารถคำนวณได้ตามสมการ (2.7) ถึง (2.12) และผลของการคำนวณความถี่ของการเกิดฟ้าผ่าแสดงในตารางที่4.5

ตารางที่4.5 ค่าของความถี่ของการเกิดฟ้าผ่าของบ้านในชนบท

Symbol	Value
N_D	0.0103
N_M	0.846
$N_L(Power)$	0.088
$N_I(Power)$	2.24
$N_L(Telecom)$	0.142
$N_I(Telecom)$	4

4.1.4 การประเมินความเสี่ยงของความสูญเสียของชีวิตมนุษย์

ตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณแสดงไว้ในตารางที่4.1ถึง4.6ส่วนผลของการประเมินความเสี่ยงของความสูญเสียของชีวิตมนุษย์แสดงไว้ในตารางที่4.7

ตารางที่4.6 ค่าของความน่าจะเป็นของความเสียหายของบ้านในชนบทที่ไม่ถูกป้องกัน

Symbol	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4
P_A	1	-		
P_B	-	1		
P_C (Power line)	-	1		
P_C (Telecom line)	-	1		
P_C	-	2		
P_M (Power line)	-	1		
P_M (Telecom line)	-	1		
P_M	-	2		
P_U (Power line)	-	1		
P_V (Power line)	-	1		
P_W (Power line)	-	1		
P_Z (Power line)	-	0		
P_U (Telecom line)	-	1		
P_V (Telecom line)	-	1		
P_W (Telecom line)	-	1		
P_Z (Telecom line)	-	0		

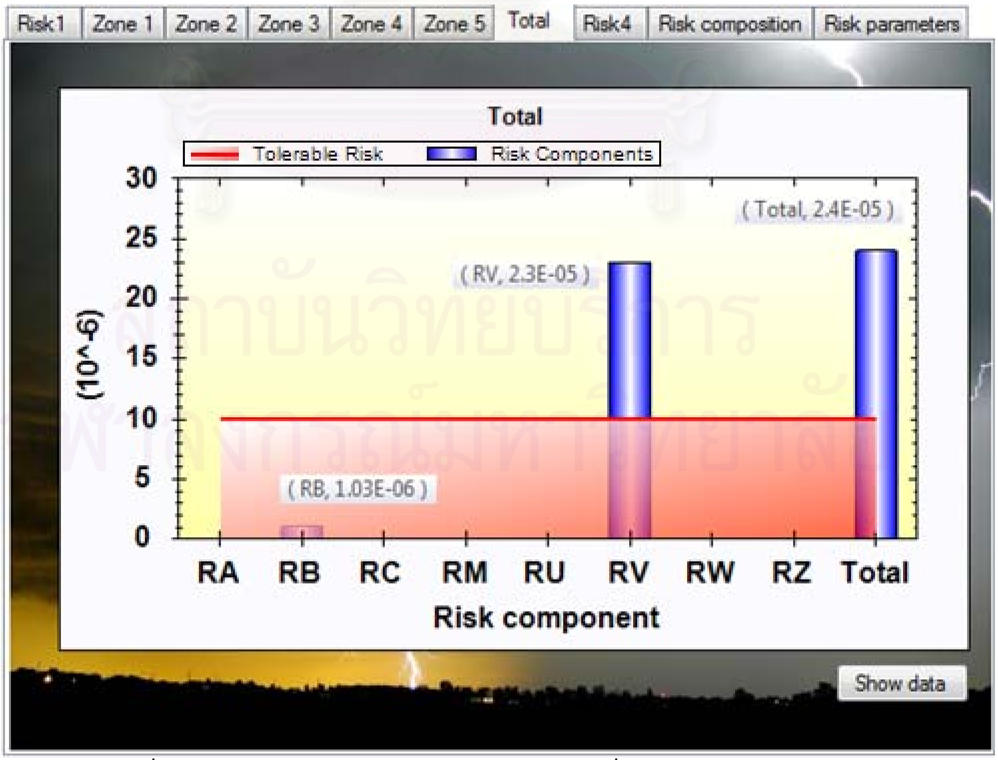
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่4.7 ผลของการประเมินความเสี่ยง R_1 ของบ้านในชนบท

Symbol	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Structure
R_A	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
R_B	0.00E+00	1.03E-06	0.00E+00	0.00E+00	1.03E-06
R_C	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
R_M	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
R_U	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
R_V	0.00E+00	2.30E-05	0.00E+00	0.00E+00	2.30E-05
R_W	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
R_Z	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
R_{Total}	0.00E+00	2.40E-05	0.00E+00	0.00E+00	2.40E-05

4.1.5 ผลจากการประเมินความเสี่ยงของความสูญเสียของชีวิตมนุษย์ R_1

เพราะว่า $R_1 = 2.40 \times 10^{-5}$ มีค่าสูงกว่าค่าความเสี่ยงที่ยอมรับได้(Tolerable Risk) R_T สำหรับมาตรฐาน IEC เท่ากับ 10^{-5} ดังแสดงในรูปที่4.5จึงจำเป็นต้องใช้มาตรการป้องกันฟ้าผ่าสำหรับสิ่งปลูกสร้าง



รูปที่ 4.5 ส่วนของผลจากการประเมินความเสี่ยง R_1 ของบ้านในชนบท

4.1.6 การเลือกมาตรการป้องกันฟ้าผ่า

ส่วนประกอบความเสี่ยงที่สัมพันธ์กับย่านป้องกันฟ้าผ่า โดยที่แต่ละส่วนประกอบความเสี่ยง R_D , R_I , R_S , R_F , R_O สามารถแสดงได้ดังสมการ(4.1)ถึง(4.5)และดังแสดงในตารางที่4.8

$$R_D = R_A + R_B + R_C \quad (4.1)$$

$$R_I = R_M + R_U + R_V + R_W + R_Z \quad (4.2)$$

$$R_S = R_A + R_U \quad (4.3)$$

$$R_F = R_B + R_V \quad (4.4)$$

$$R_O = R_M + R_C + R_W \quad (4.5)$$

โดยที่ R_D คือ ความเสี่ยงเนื่องจากฟ้าผ่าสัมผัสสิ่งปลูกสร้างโดยตรง($S1$)

R_I คือ ความเสี่ยงเนื่องจากฟ้าผ่าไม่สัมผัสสิ่งปลูกสร้างแต่ยังมีอิทธิพล($S2$, $S3, S4$)

R_S คือ ความเสี่ยงเนื่องจากความสูญเสียชีวิตมนุษย์

R_F คือ ความเสี่ยงเนื่องจากความเสียหายทางกายภาพต่อสิ่งปลูกสร้าง

R_O คือ ความเสี่ยงเนื่องจากความล้มเหลวของระบบอิเล็กทรอนิกส์

ตารางที่4.8 ส่วนประกอบความเสี่ยงที่สัมพันธ์กับแหล่งกำเนิดและชนิดของความเสียหายของบ้านในชนบท

Symbol	Z_1	Z_3	Z_4	Z_5	Structure
R_D	0.00E+00	1.03E-06	0.00E+00	0.00E+00	1.03E-06
R_I	0.00E+00	2.30E-05	0.00E+00	0.00E+00	2.30E-05
Total	0.00E+00	2.40E-05	0.00E+00	0.00E+00	2.40E-05
R_S	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
R_F	0.00E+00	2.40E-05	0.00E+00	0.00E+00	2.40E-05
R_O	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Total	0.00E+00	2.40E-05	0.00E+00	0.00E+00	2.40E-05

ส่วนประกอบความเสี่ยงแสดงให้เห็นว่าความเสี่ยงของสิ่งปลูกสร้างเกิดจากความเสียหายทางกายภาพ R_F เนื่องจากฟ้าผ่าสัมผัสระบบบริการหรือสิ่งปลูกสร้างโดยตรง

ความเสี่ยงต่อความสูญเสียของชีวิตมนุษย์ R_1 เกิดขึ้นโดย

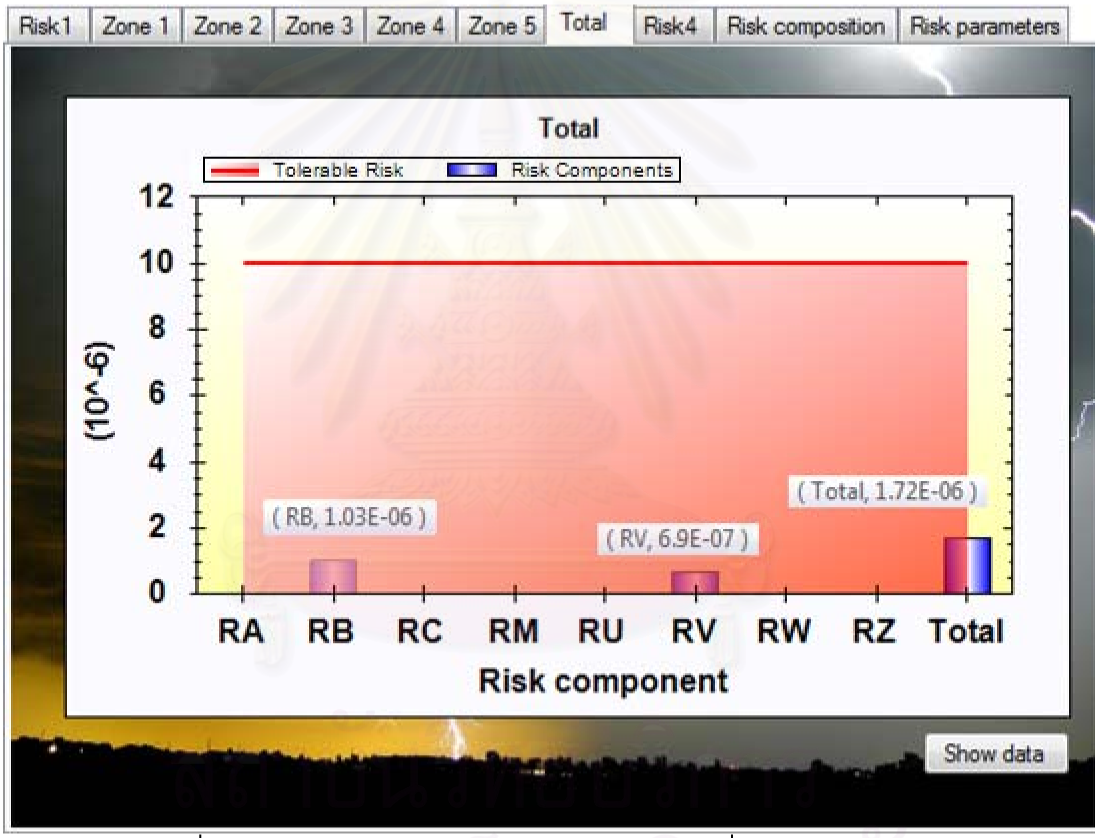
- ส่วนประกอบ R_V เกิดขึ้นจากฟ้าผ่าสัมผัสระบบบริการที่เป็นระบบจำหน่ายแรงต่ำและระบบบริการที่เป็นระบบสื่อสารโทรคมนาคมโดยตรง $\approx 96\%$

- ส่วนประกอบ R_B เกิดขึ้นจากฟ้าผ่าสัมผัสสิ่งปลูกสร้างโดยตรง ≈ 4%

ส่วนประกอบ R_B และ R_V ควรนำมาพิจารณาหามาตรการป้องกันฟ้าผ่าเพื่อแก้ปัญหาและผลของการประเมินความเสี่ยงของความสูญเสียของชีวิตมนุษย์เมื่อใช้มาตรการป้องกันฟ้าผ่าดังแสดงในตารางที่4.9

วิธีที่1

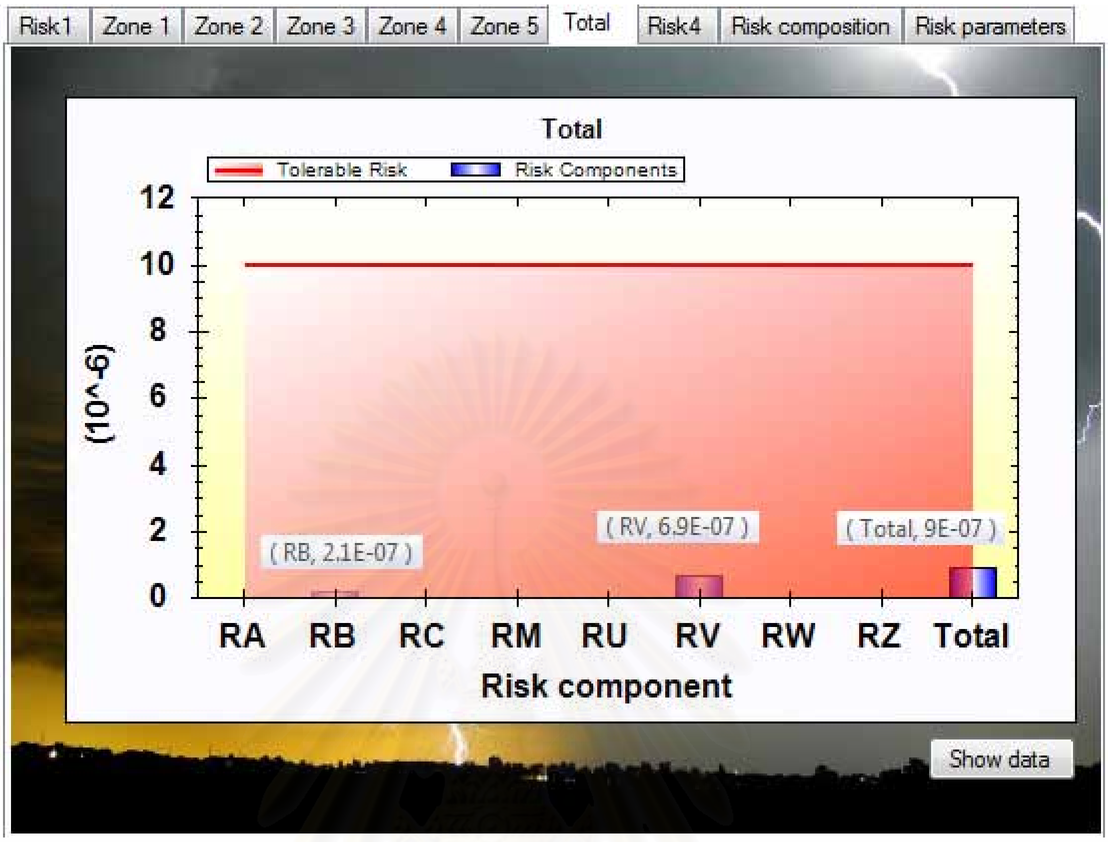
- การจัดการประสานสัมพันธ์ระหว่างอุปกรณ์ป้องกันเสิร์จที่บริเวณทางเข้าของทั้งระบบจำหน่ายแรงต่ำและระบบสื่อสารโทรคมนาคมระดับ IV ซึ่งเป็นการลดค่า P_U และ P_V จาก1เป็น0.03ผลของการใช้มาตรการป้องกันวิธีที่1ดังแสดงในรูปที่4.6



รูปที่ 4.6 ส่วนของการใช้มาตรการป้องกันฟ้าผ่าวิธีที่1 ของบ้านในชนบท

วิธีที่2

- ติดตั้งระบบป้องกันฟ้าผ่าสมบูรณ์ระดับ IV ซึ่งเป็นการลดค่า P_B จาก1เป็น0.2 และการจัดการประสานสัมพันธ์ระหว่างอุปกรณ์ป้องกันเสิร์จที่บริวณทางเข้าของทั้งระบบจำหน่ายแรงต่ำและระบบสื่อสารโทรคมนาคมระดับ IV ซึ่งเป็นการลดค่า P_U และ P_V จาก1เป็น0.03ผลของการใช้มาตรการป้องกันวิธีที่2ดังแสดงในรูปที่4.7



รูปที่ 4.7 ส่วนของการใช้มาตรการป้องกันฟ้าผ่าวิธีที่2 ของบ้านในชนบท

ตารางที่4.9 ผลของการประเมินความเสี่ยง R_1 เมื่อใช้มาตรการป้องกันฟ้าผ่าของบ้านในชนบท

ส่วนประกอบความเสี่ยง	วิธีที่1	วิธีที่2
R_B	1.03E-06	2.10E-07
R_U	0.00E+00	0.00E+00
R_V	6.90E-07	6.90E-07
R_T	1.72E-06	9.00E-07

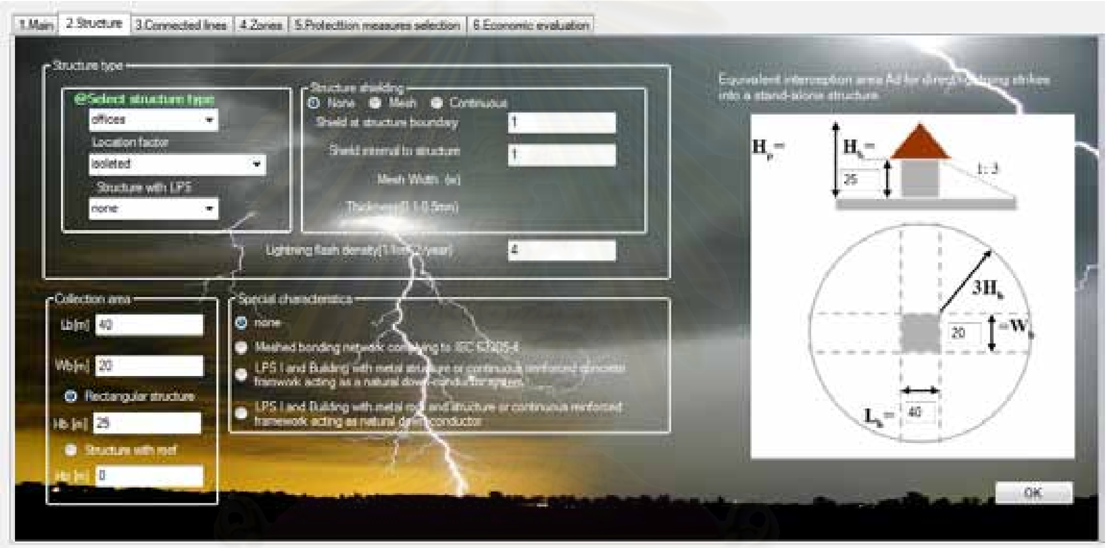
4.2 ออฟฟิศ

4.2.1 คุณลักษณะของสิ่งปลูกสร้าง

- คุณลักษณะของออฟฟิศแสดงไว้ในตารางที่ 4.10และรูปที่4.8
- คุณลักษณะของระบบบริการที่เป็นระบบจำหน่ายแรงต่ำของออฟฟิศดังแสดงในตารางที่4.11และรูปที่4.9
- คุณลักษณะของระบบบริการที่เป็นระบบสื่อสารโทรคมนาคมของออฟฟิศดังแสดงในตารางที่4.12และรูปที่4.10

ตารางที่4.10 คุณลักษณะของออฟฟิศ

Parameter	Comment	Symbol	Value
Dimension(m)	-	(L_b, W_b, H_b)	$40 \times 20 \times 25$
Location factor	Isolated	C_d	1
LPS	None	P_B	1
Shield at structure boundary	None	K_{S1}	1
Shield internal to structure	None	K_{S2}	1
Lightning flash density	1/ Km^2/year	N_g	4



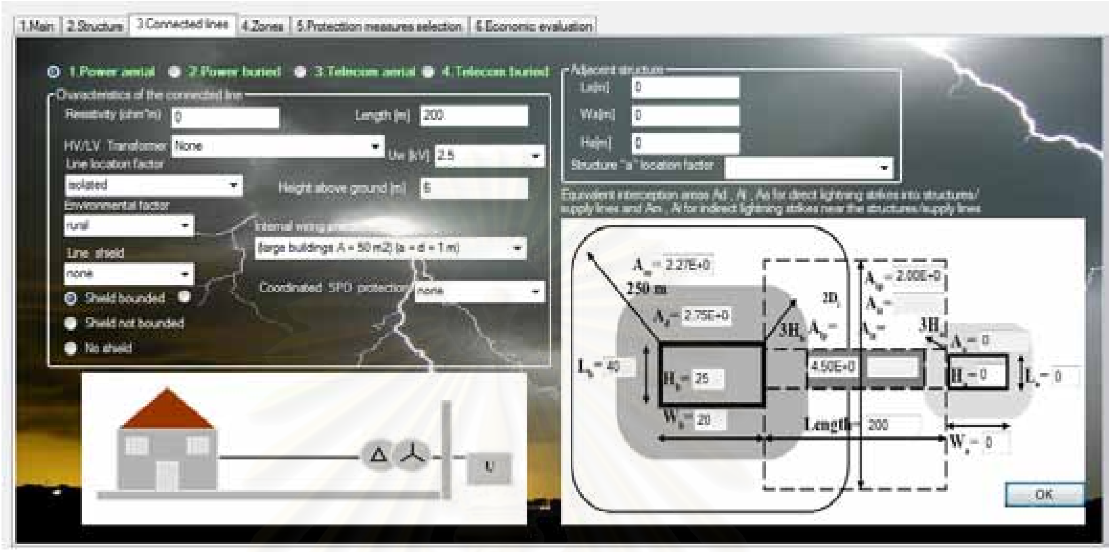
รูปที่ 4.8 ส่วนของคุณลักษณะของออฟฟิศ

ตารางที่4.11 คุณลักษณะของระบบบริการที่เป็นระบบจำหน่ายแรงต่ำของออฟฟิศ

Parameter	Comment	Symbol	Value
Length(m)	-	L_C	200
Height(m)	Aerial	H_C	6
HV/LV transformer	No	C_t	1
Line location factor	Isolated	C_d	1
Line environment factor	Rural	C_e	1
Line shielding	None	P_{LD}	1
		P_{LI}	0.4
Internal wiring precaution	None	K_{S3}	1

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

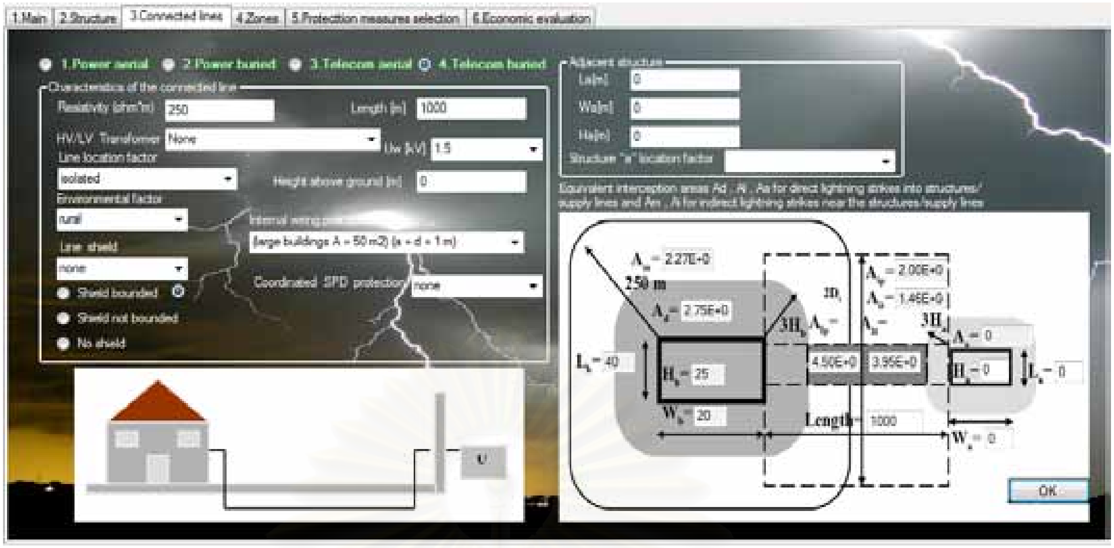
Withstand of internal system	$U_W = 2.5kv$	K_{S4}	0.6
Coordinated SPD protection	None	P_{SPD}	1



รูปที่ 4.9 ส่วนของคุณลักษณะระบบบริการที่เป็นระบบจำหน่ายแรงต่ำของออฟฟิศ

ตารางที่4.12 คุณลักษณะของระบบบริการที่เป็นระบบสื่อสารโทรคมนาคมของออฟฟิศ

Parameter	Comment	Symbol	Value
Soil resistivity	Ωm	ρ	250
Length(m)	-	L_C	1000
Height(m)	Buried	-	-
Line location factor	Isolated	C_d	1
Line environment factor	Suburban	C_e	1
Line shielding	None	P_{LD}	1
		P_{LI}	1
Internal wiring precaution	None	K_{S3}	1
Withstand of internal system	$U_W = 1.5kv$	K_{S4}	1
Coordinated SPD protection	None	P_{SPD}	1
End “a” line structure dimensions(m)	None	$L_a \times W_a \times H_a$	-



รูปที่ 4.10 ส่วนของคุณลักษณะระบบบริการที่เป็นระบบสื่อสารโทรคมนาคมของออฟฟิศ

4.2.2 **คุณลักษณะของย่านป้องกันฟ้าผ่า**

- ชนิดของพื้นทั้งด้านทางเข้าหรือในสวนและด้านในออฟฟิศแตกต่างกัน
- มีการแบ่งพื้นที่อาคารออกเป็นส่วนด้วยวัสดุทนไฟ
- ไม่มีลักษณะของการการชีลด์
- ตัวแปรความสูญเสีย L ในย่าน Z_5 (computer centre) จะต่ำกว่าย่านอื่น

กำหนดย่านป้องกันฟ้าผ่าได้ดังนี้

- Z_1 (entrance area to building)
- Z_2 (garden)
- Z_3 (archive) ไม่มีการแบ่งพื้นที่ด้วยวัสดุทนไฟ
- Z_4 (offices)
- Z_5 (computer centre)

คุณลักษณะของย่านป้องกันฟ้าผ่า Z_1 (entrance area to building)ดังแสดงในตารางที่4.13และรูปที่4.11 Z_2 (garden) ดังแสดงในตารางที่4.14และรูปที่4.12 Z_3 (archive) ดังแสดงในตารางที่4.15และรูปที่4.13 Z_4 (offices) ดังแสดงในตารางที่4.16และรูปที่4.14 Z_5 (computer centre) ดังแสดงในตารางที่4.17และรูปที่4.15

จากการคำนวณการป้องกันฟ้าผ่าของผู้ออกแบบได้กำหนดค่าตัวแปรความสูญเสียสำหรับความเสี่ยงต่อความสูญเสียของชีวิตมนุษย์ R_1

- $L_t = 10^{-2}$ (outside structure)
- $L_t = 10^{-4}$ (inside structure)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- $L_f = 10^{-2}$

ตารางที่4.13 คุณลักษณะของย่านป้องกันฟ้าผ่า Z_1 (entrance area to building)

Parameter	Comment	Symbol	Value
Soil surface type	Marble	r_a	10^{-3}
Shock protection	None	P_A	1
Loss by touch step voltages	Yes	L_t	2×10^{-4}

a)

b)

รูปที่ 4.11 ส่วนของคุณลักษณะย่านป้องกันฟ้าผ่า Z_1 (entrance area to building)

a) คุณลักษณะย่านป้องกันฟ้าผ่า Z_1 (entrance area to building)

b) ความสูญเสียของชีวิตมนุษย์ของย่านป้องกันฟ้าผ่า Z_1 (entrance area to building)

ตารางที่4.14 คุณลักษณะของย่านป้องกันฟ้าผ่า Z_2 (garden)

Parameter	Comment	Symbol	Value
Soil surface type	Grass	r_a	10^{-3}
Shock protection	Fence	P_A	0
Loss by touch step voltages	Yes	L_t	10^{-4}

a)

b)

รูปที่ 4.12 ส่วนของคุณลักษณะย่านป้องกันฟ้าผ่า Z_2 (garden)

a) คุณลักษณะย่านป้องกันฟ้าผ่า Z_2 (garden)

b) ความสูญเสียของชีวิตมนุษย์ของย่านป้องกันฟ้าผ่า Z_2 (garden)

ตารางที่4.15 คุณลักษณะของย่านป้องกันฟ้าผ่า Z_3 (archive)

Parameter	Comment	Symbol	Value
Soil surface type	Linoleum	r_u	10^{-5}
Risk of fire	High	r_f	10^{-1}
Special hazard	Low panic	h_Z	2
Fire protection	None	r_p	1
Spatial shield	None	K_{S2}	1
Loss by touch step voltages	Yes	L_t	10^{-5}
Loss by physical damage	Yes	L_f	10^{-3}

a)

b)

รูปที่ 4.13 ส่วนของคุณลักษณะย่านป้องกันฟ้าผ่า Z_3 (archive)

a) คุณลักษณะย่านป้องกันฟ้าผ่า Z_3 (archive)

b) ความสูญเสียของชีวิตมนุษย์ของย่านป้องกันฟ้าผ่า Z_3 (archive)

ตารางที่4.16 คุณลักษณะของย่านป้องกันฟ้าผ่า Z_4 (offices)

Parameter	Comment	Symbol	Value
Soil surface type	Linoleum	r_u	10^{-5}
Risk of fire	Low	r_f	10^{-3}
Special hazard	Low panic	h_Z	2
Fire protection	None	r_p	1
Spatial shield	None	K_{S2}	1
Loss by touch step voltages	Yes	L_t	10^{-5}
Loss by physical damage	Yes	L_f	8×10^{-3}

a)

b)

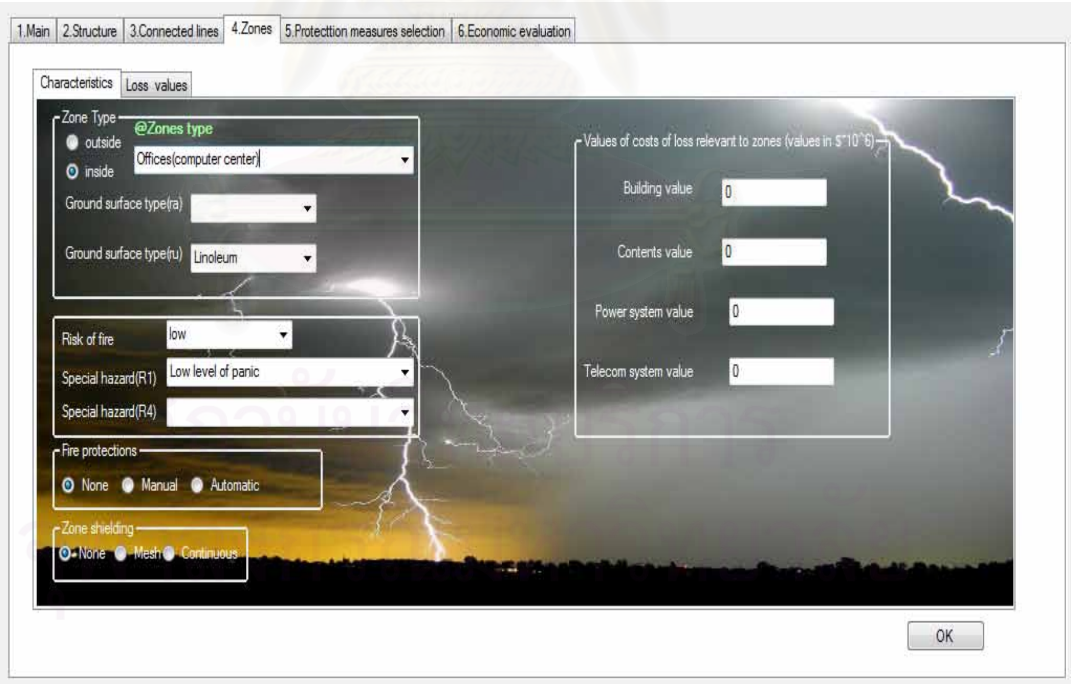
รูปที่ 4.14 ส่วนของคุณลักษณะย่านป้องกันฟ้าผ่า Z_4 (offices)

a) คุณลักษณะย่านป้องกันฟ้าผ่า Z_4 (offices)

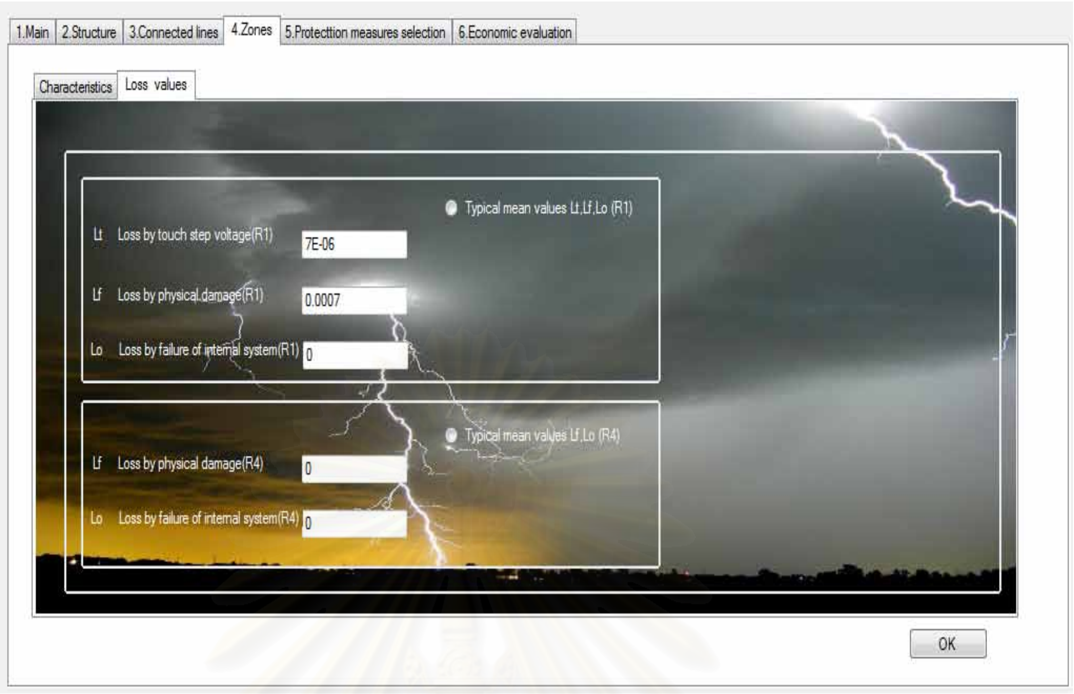
b) ความสูญเสียของชีวิตมนุษย์ของย่านป้องกันฟ้าผ่า Z_4 (offices)

ตารางที่4.17 คุณลักษณะของย่านป้องกันฟ้าผ่า Z_5 (computer centre)

Parameter	Comment	Symbol	Value
Soil surface type	Linoleum	r_u	10^{-5}
Risk of fire	Low	r_f	10^{-3}
Special hazard	Low panic	h_Z	2
Fire protection	None	r_p	1
Spatial shield	None	K_{S2}	1
Loss by touch step voltages	Yes	L_t	7×10^{-6}
Loss by physical damage	Yes	L_f	7×10^{-4}



a)

b) 

รูปที่ 4.15 ส่วนของคุณลักษณะย่านป้องกันฟ้าผ่า Z_5 (computer centre)

a) คุณลักษณะย่านป้องกันฟ้าผ่า Z_5 (computer centre)

b) ความสูญเสียของชีวิตมนุษย์ของย่านป้องกันฟ้าผ่า Z_5 (computer centre)

4.2.3 **ความถี่ของการเกิดฟ้าผ่า**

ความถี่ของการเกิดฟ้าผ่าสามารถคำนวณได้ตามสมการ (2.7) ถึง (2.12) และผลของการคำนวณความถี่ของการเกิดฟ้าผ่าแสดงในตารางที่4.18

ตารางที่4.18 ค่าของความถี่ของการเกิดฟ้าผ่าของออฟฟิศ

Symbol	Value
N_D	1.10E-01
N_M	7.98E-01
$N_L(Power)$	1.80E-02
$N_I(Power)$	8.00E-01
$N_L(Telecom)$	5.84E-02
$N_I(Telecom)$	1.58E+00
$N_{da}(Telecom)$	0.00E+00

4.2.4 การประเมินความเสี่ยงของความสูญเสียของชีวิตมนุษย์

ตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณแสดงไว้ในตารางที่4.10ถึง4.19ส่วนผลของการประเมินความเสี่ยงของความสูญเสียของชีวิตมนุษย์แสดงไว้ในตารางที่4.20

ตารางที่4.19 ค่าของความน่าจะเป็นของความเสียหายของออฟฟิศที่ไม่ถูกป้องกัน

Symbol	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4
P_A	1	-		
P_B	-	1		
P_C (Power line)	-	1		
P_C (Telecom line)	-	1		
P_C	-	1		
P_M (Power line)	-	1		
P_M (Telecom line)	-	1		
P_M	-	1		
P_U (Power line)	-	1		
P_V (Power line)	-	1		
P_W (Power line)	-	1		
P_Z (Power line)	-	0		
P_U (Telecom line)	-	1		
P_V (Telecom line)	-	1		
P_W (Telecom line)	-	1		
P_Z (Telecom line)	-	0		

ตารางที่4.20 ผลของการประเมินความเสี่ยง R_1 ของออฟฟิศ

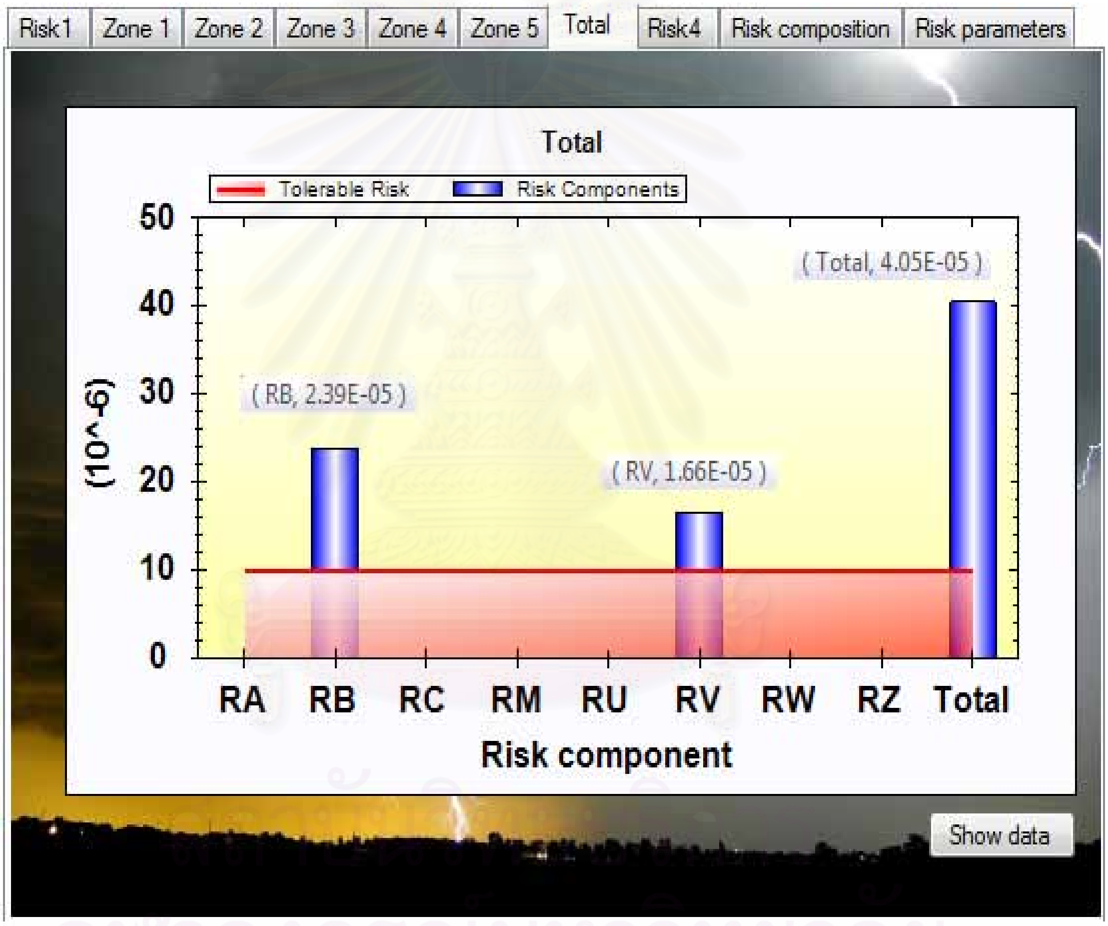
Symbol	Z_1	Z_3	Z_4	Z_5	Structure
R_A	2.00E-08	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.00E-08
R_B	0.00E+00	2.20E-05	1.76E-06	1.50E-07	2.39E-05
R_C	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
R_M	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
R_U	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
R_V	0.00E+00	1.53E-05	1.22E-06	1.10E-07	1.66E-05

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

R_W	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
R_Z	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
R_{Total}	2.00E-08	3.73E-05	2.98E-06	2.60E-07	4.05E-05

4.2.5 ผลจากการประเมินความเสี่ยงของความสูญเสียของชีวิตมนุษย์ R_1

เพราะว่า $R_1 = 4.05\times10^{-5}$ มีค่าสูงกว่าค่าความเสี่ยงที่ยอมรับได้(Tolerable Risk) R_T สำหรับมาตรฐาน IEC เท่ากับ 10^{-5} ดังแสดงในรูปที่4.16จึงจำเป็นต้องใช้มาตรการป้องกันฟ้าผ่าสำหรับสิ่งปลูกสร้าง



รูปที่ 4.16 ส่วนของผลจากการประเมินความเสี่ยง R_1 ของออฟฟิศ

4.2.6 การเลือกมาตรการป้องกันฟ้าผ่า

ส่วนประกอบความเสี่ยงที่สัมพันธ์กับย่านป้องกันฟ้าผ่า โดยที่แต่ละส่วนประกอบความเสี่ยง R_D , R_I , R_S , R_F , R_O สามารถแสดงได้ดังสมการ(4.1)ถึง(4.5)และดังแสดงในตารางที่4.21

ตารางที่4.21 ส่วนประกอบความเสี่ยงที่สัมพันธ์กับแหล่งกำเหนิดและชนิดความเสียหายของออฟฟิศ

Symbol	Z_1	Z_3	Z_4	Z_5	Structure
R_D	2.00E-08	2.20E-05	1.76E-06	1.50E-07	2.39E-05
R_I	0.00E+00	1.53E-05	1.22E-06	1.10E-07	1.66E-05
Total	2.00E-08	3.73E-05	2.98E-06	2.60E-07	4.05E-05
R_S	2.00E-08	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.00E-08
R_F	0.00E+00	3.73E-05	2.98E-06	2.60E-07	4.05E-05
R_O	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Total	2.00E-08	3.73E-05	2.98E-06	2.60E-07	4.05E-05

ส่วนประกอบความเสี่ยงแสดงให้เห็นว่าความเสี่ยงของสิ่งปลูกสร้างเกิดจากความเสียหายทางกายภาพ R_F ในย่านการป้องกันฟ้าผ่า Z_3 เนื่องจากฟ้าผ่าสัมผัสระบบบริการหรือสิ่งปลูกสร้างโดยตรงซึ่งคิดเป็นคิดเป็น 92% ของความเสี่ยงทั้งหมด

ความเสี่ยงต่อความสูญเสียของชีวิตมนุษย์ R_1 เกิดขึ้นโดย

- ส่วนประกอบ R_B ฟ้าผ่าสัมผัสสิ่งปลูกสร้างโดยตรง ≈ 54%
- ส่วนประกอบ R_V ฟ้าผ่าสัมผัสระบบบริการที่เป็นระบบจำหน่ายแรงต่ำและระบบบริการที่เป็นระบบสื่อสารโทรคมนาคมโดยตรง ≈ 38%

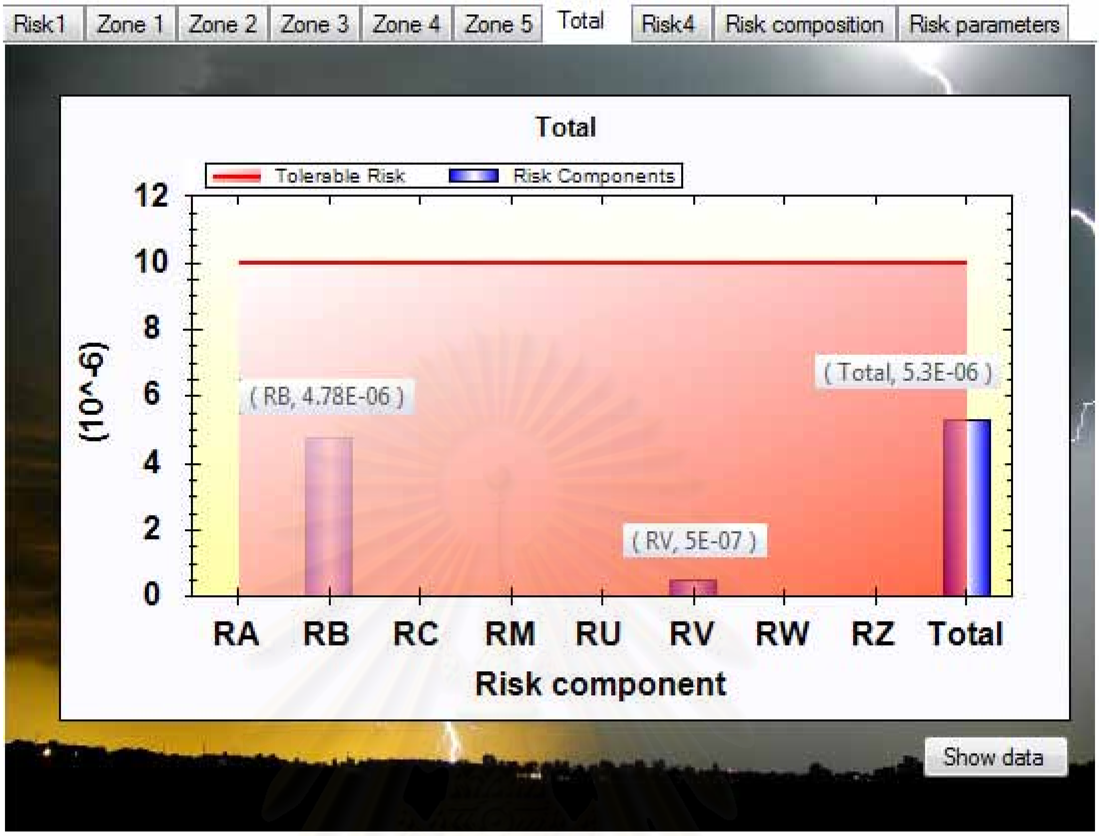
ส่วนประกอบ R_B และ R_V ควรนำมาพิจารณาหามาตรการป้องกันฟ้าผ่าเพื่อแก้ปัญหาและแสดงผลการประเมินความเสี่ยง R_1 เมื่อใช้มาตรการป้องกันดังตารางที่4.22

วิธีที่1

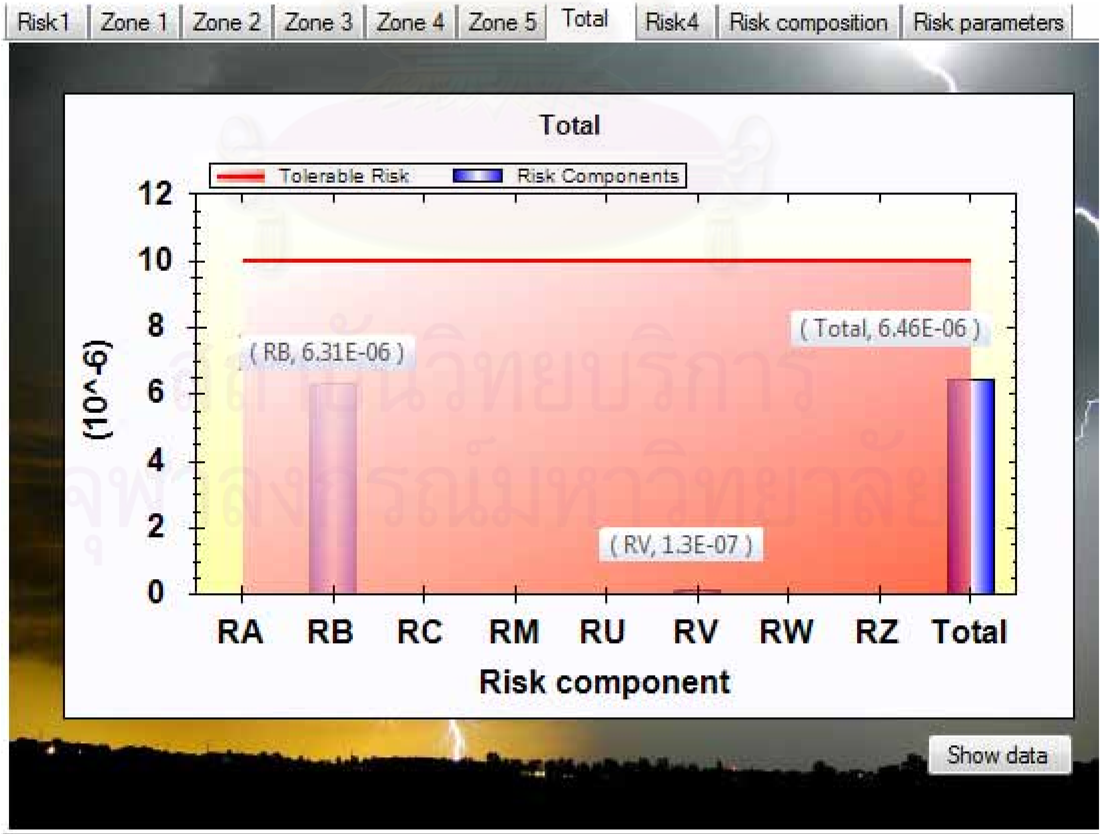
- ติดตั้งระบบป้องกันฟ้าผ่าสมบูรณ์ระดับ IV ซึ่งเป็นการลดค่า P_B จาก1เป็น0.2 และการจัดการประสานสัมพันธ์ระหว่างอุปกรณ์ป้องกันเสิร์จที่บริวณทางเข้าของทั้งระบบจำหน่ายแรงต่ำและระบบสื่อสารโทรคมนาคมระดับ IV ซึ่งเป็นการลดค่า P_U และ P_V จาก1เป็น0.03 ผลของการใช้มาตรการป้องกันวิธีที่1ดังแสดงในรูปที่4.17

วิธีที่2

- ติดตั้งระบบป้องกันอัคคีภัยแบบอัตโนมัติในย่านป้องกันฟ้าผ่า Z_3 (archive)เป็นการลดค่า r_p จาก1เป็น0.2 และการจัดการประสานสัมพันธ์ระหว่างอุปกรณ์ป้องกันเสิร์จที่บริเวณทางเข้าของทั้งระบบจำหน่ายแรงต่ำและระบบสื่อสารโทรคมนาคมระดับ IV ซึ่งเป็นการลดค่า P_U และ P_V จาก1เป็น0.03 ผลของการใช้มาตรการป้องกันวิธีที่2ดังแสดงในรูปที่4.18



รูปที่ 4.17 ส่วนของการใช้มาตรการป้องกันฟ้าผ่าวิธีที่1 ของออฟฟิศ



รูปที่ 4.18 ส่วนของการใช้มาตรการป้องกันฟ้าผ่าวิธีที่2 ของออฟฟิศ

ตารางที่4.22 ผลของการประเมินความเสี่ยง R_1 เมื่อใช้มาตรการป้องกันฟ้าผ่าของออฟฟิศ

Symbol	Z_1	Z_3	Z_4	Z_5	Structure
วิธีที่1	2.00E-08	4.86E-06	3.90E-07	3.00E-08	5.30E-06
วิธีที่2	2.00E-08	4.49E-06	1.80E-06	1.50E-07	6.46E-06

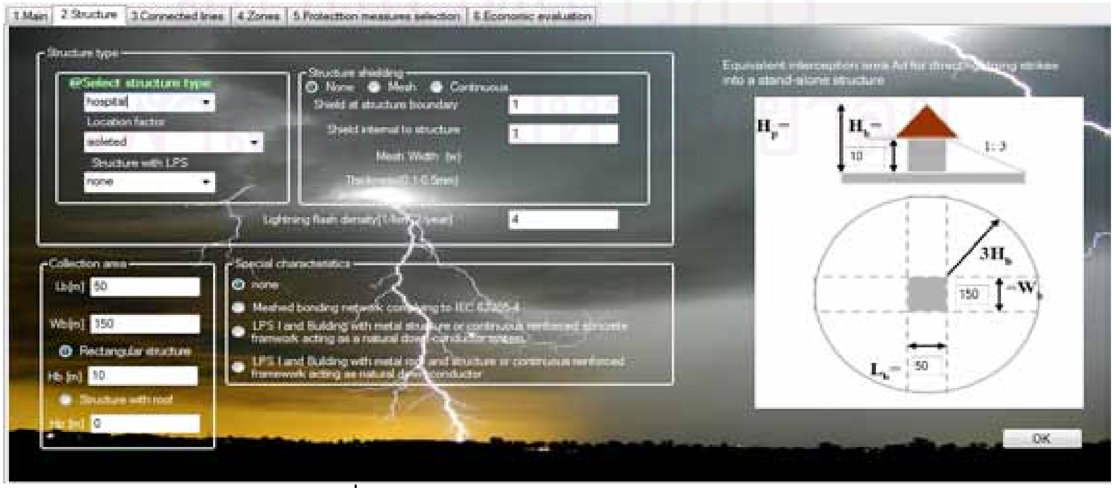
4.3 โรงพยาบาล

4.3.1 คุณลักษณะของสิ่งปลูกสร้าง

- คุณลักษณะของสิ่งปลูกสร้างแสดงไว้ในตารางที่ 4.23และรูปที่4.19
- คุณลักษณะของระบบบริการที่เป็นระบบจำหน่ายของโรงพยาบาลดังแสดงในตารางที่4.24และรูปที่4.20
- คุณลักษณะระบบบริการที่เป็นระบบสื่อสารโทรคมนาคมของโรงพยาบาลดังแสดงในตารางที่4.25และรูปที่4.21

ตารางที่4.23 คุณลักษณะของโรงพยาบาล

Parameter	Comment	Symbol	Value
Dimension(m)	-	(L_b, W_b, H_b)	$50 \times 150 \times 10$
Location factor	Isolated	C_d	1
LPS	None	P_B	1
Shield at structure boundary	None	K_{S1}	1
Shield internal to structure	None	K_{S2}	1
Lightning flash density	1/ Km^2/year	N_g	4



รูปที่ 4.19 ส่วนของคุณลักษณะโรงพยาบาล

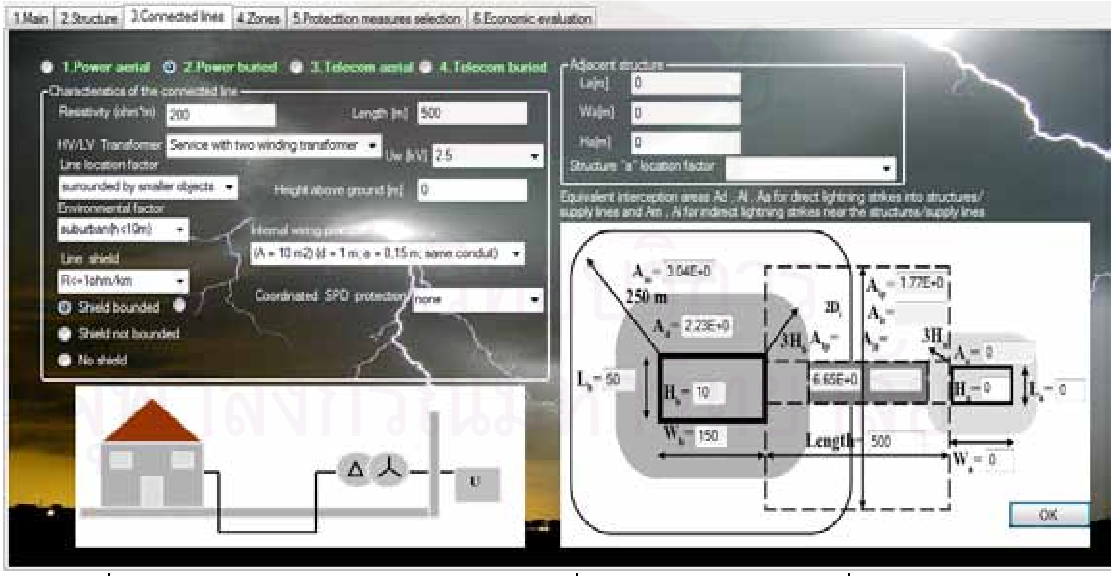
ตารางที่4.24 คุณลักษณะของระบบบริการที่เป็นระบบจำหน่ายของโรงพยาบาล

Parameter	Comment	Symbol	Value
Soil resistivity	Ωm	ρ	200
Length(m)	-	L_C	500
Height(m)	Buried	-	-
HV/LV transformer	At building entrance	C_t	0.2
Line location factor	Surrounded by smaller objects	C_d	0.5
Line environment factor	Suburban	C_e	0.5
Line shield: bonded to equipotential bonding bar and equipment connected to the same bonding bar	$R_S \le 1\Omega / km$	P_{LD}	0.2
		P_{LI}	0.008
Internal wiring precaution	Unshielded cable –Routing precaution in order to avoid large loops	K_{S3}	0.2
Withstand of internal system	$U_W = 2.5kv$	K_{S4}	0.6
Coordinated SPD protection	None	P_{SPD}	1
End “a” line structure dimensions(m)	None	$L_a \times W_a \times H_a$	-

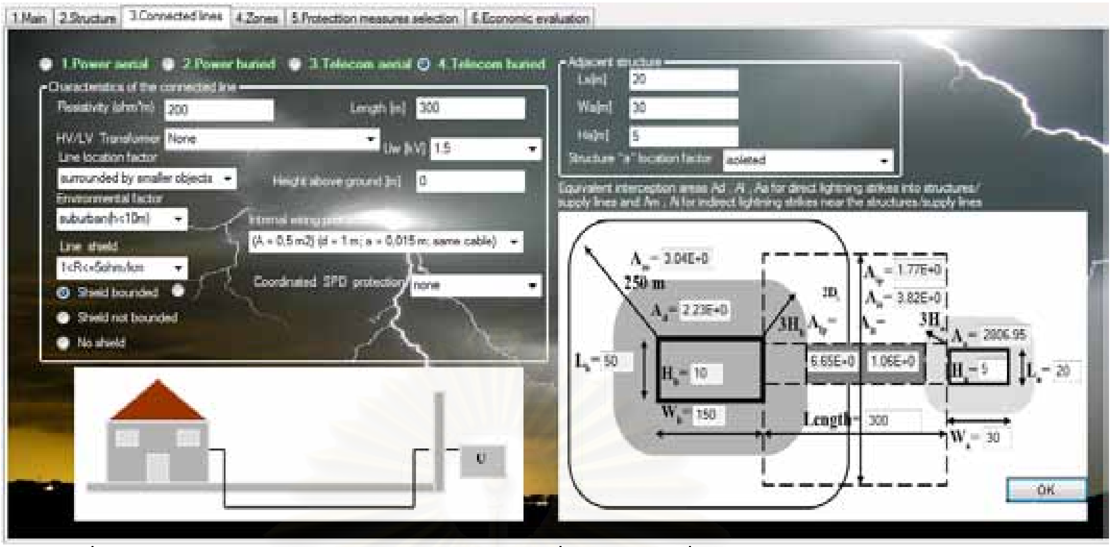
ตารางที่4.25 คุณลักษณะของระบบบริการที่เป็นระบบสื่อสารโทรคมนาคมของโรงพยาบาล

Parameter	Comment	Symbol	Value
Soil resistivity	Ωm	ρ	200
Length(m)	-	L_C	300
Height(m)	Buried	H_C	-

Line location factor	Surrounded by smaller objects	C_d	0.5
Line environment factor	Suburban	C_e	0.5
Line shield: bonded to equipotential bonding bar and equipment connected to the same bonding bar	$1 < R_S \le 5\Omega / km$	P_{LD}	0.8
		P_{LI}	0.04
Internal wiring precaution	Unshielded cable –Routing precaution in order to avoid loops	K_{S3}	0.02
Withstand of internal system	$U_W = 1.5kv$	K_{S4}	1
Coordinated SPD protection	None	P_{SPD}	1
End “a” line structure dimensions(m)	None	$L_a \times W_a \times H_a$	$20 \times 30 \times 5$



รูปที่ 4.20 ส่วนของคุณลักษณะระบบบริการที่เป็นระบบจำหน่ายแรงต่ำของโรงพยาบาล



รูปที่ 4.21 ส่วนของคุณลักษณะระบบบริการที่เป็นระบบสื่อสารโทรคมนาคมของโรงพยาบาล

4.3.2 คุณลักษณะของย่านป้องกันฟ้าผ่า

- ชนิดของพื้นผิวด้านในและด้านนอกสิ่งปลูกสร้างแตกต่างกัน
- มีการแบ่งพื้นที่อาคารออกเป็นส่วนด้วยวัสดุทนไฟ
- ไม่มีลักษณะของการชีลด์
- สถานที่สำหรับคนไข้ที่ต้องการดูแลและรักษาพยาบาลอย่างใกล้ชิด(ICU) จะมีอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ซึ่งจำเป็นจะต้องนำมาตรการป้องกันเช่นการชีลด์มาใช้

กำหนดย่านป้องกันฟ้าผ่าได้ดังนี้

- Z_1 (outside building)
- Z_2 (rooms block)
- Z_3 (operating block)
- Z_4 (intensive care unity)

คุณลักษณะของย่านป้องกันฟ้าผ่า Z_1 (outside building) ดังตารางที่4.26และรูปที่4.22 Z_2 (rooms block) ดังแสดงในตารางที่4.27และรูปที่4.23 Z_3 (operating block)ดังแสดงในตารางที่4.28และรูปที่4.24 Z_4 (intensive care unity) ดังตารางที่4.29และรูปที่4.25

จากการคำนวณการป้องกันฟ้าผ่าของผู้ออกแบบได้กำหนดค่าตัวแปรความสูญเสียสำหรับความเสี่ยงต่อความสูญเสียของชีวิตมนุษย์ R_1

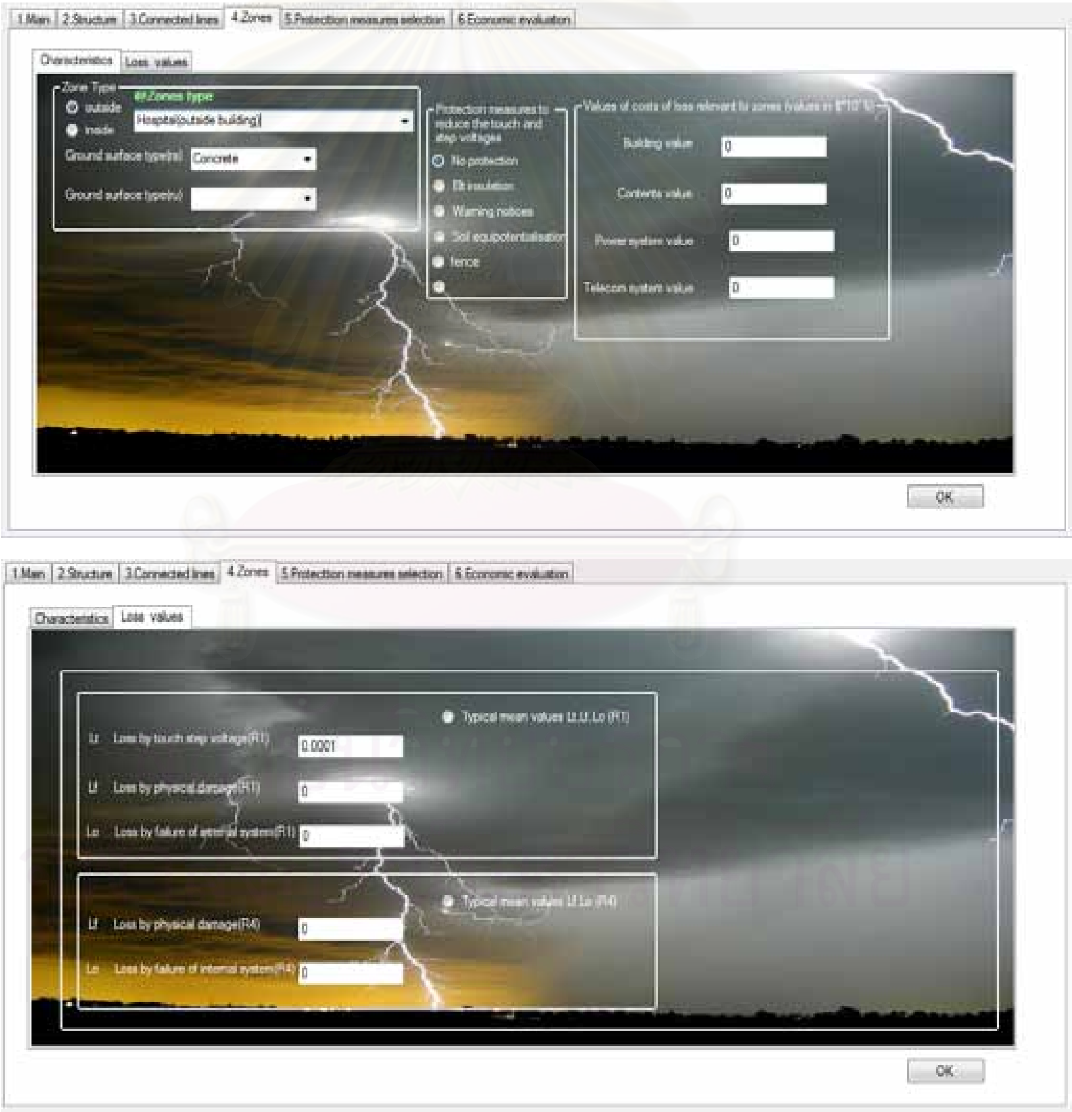
- $L_t = 10^{-2}$ (outside structure)
- $L_t = 10^{-4}$ (inside structure)
- $L_f = 10^{-1}$
- $L_o = 10^{-3}$

ความเสี่ยงต่อความสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์ R_4

- $L_f = 5 \times 10^{-1}$
- $L_o = 10^{-2}$

ตารางที่4.26 คุณลักษณะของย่านป้องกันฟ้าผ่า Z_1 (outside building)

Parameter	Comment	Symbol	Value
Soil surface type	Concrete	r_a	1×10^{-2}
Shock protection	None	P_A	1
Loss by touch and step voltages	Yes	L_t	1×10^{-4}



a)
b)

รูปที่ 4.22 ส่วนของคุณลักษณะย่านป้องกันฟ้าผ่า Z_1 (outside building)

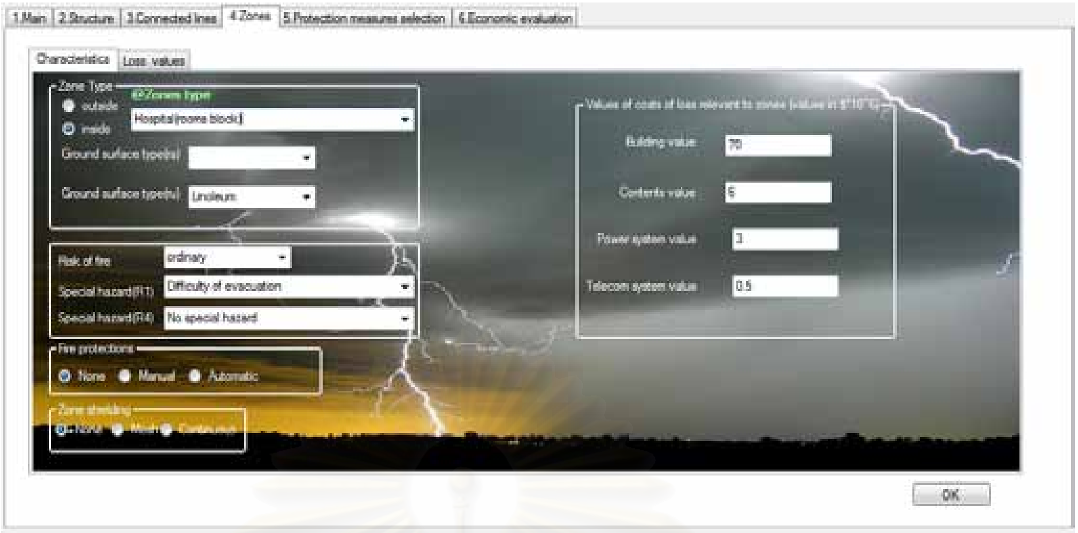
a) คุณลักษณะย่านป้องกันฟ้าผ่า Z_1 (outside building)

b) ความสูญเสียของชีวิตมนุษย์และทางเศรษฐศาสตร์ของย่าน Z_1 (outside building)

ตารางที่4.27 คุณลักษณะของย่านป้องกันฟ้าผ่า Z_2 (rooms block)

Parameter	Comment	Symbol	Value
Soil surface type	Linoleum	r_u	1×10^{-5}
Risk of fire	Ordinary	r_f	1×10^{-2}
Special hazard (relevant to R_1)	Difficulty of evacuation	h_Z	5
Special hazard (relevant to R_4)	None	h_Z	1
Fire protection	None	r_p	1
Spatial shield	None	K_{S2}	1
Loss by touch and step voltages (relevant to R_1)	Yes	L_t	9.5×10^{-5}
Loss by physical damage (relevant to R_1)	Yes	L_f	9.5×10^{-2}
Loss by failure of internal system (relevant to R_1)	None	L_o	-
Loss by physical damage (relevant to R_4)	Yes	L_f	5×10^{-1}
Loss by failure of internal system (relevant to R_4)	None	L_o	1×10^{-2}

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



a)

b)

รูปที่ 4.23 ส่วนของคุณลักษณะย่านป้องกันฟ้าผ่า Z_2 (rooms block)

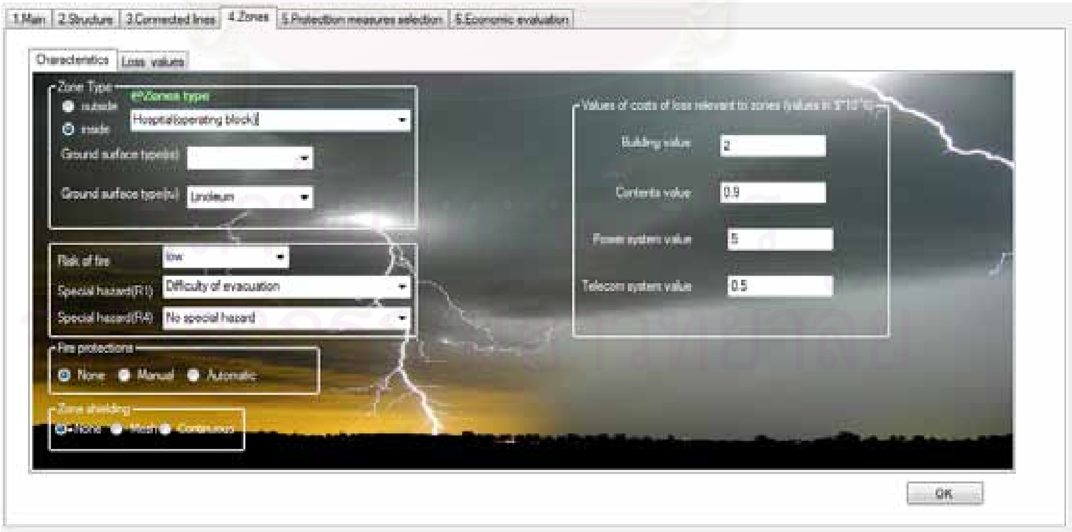
a) คุณลักษณะย่านป้องกันฟ้าผ่า Z_2 (rooms block)

b) ความสูญเสียของชีวิตมนุษย์และทางเศรษฐศาสตร์ของย่าน Z_2 (rooms block)

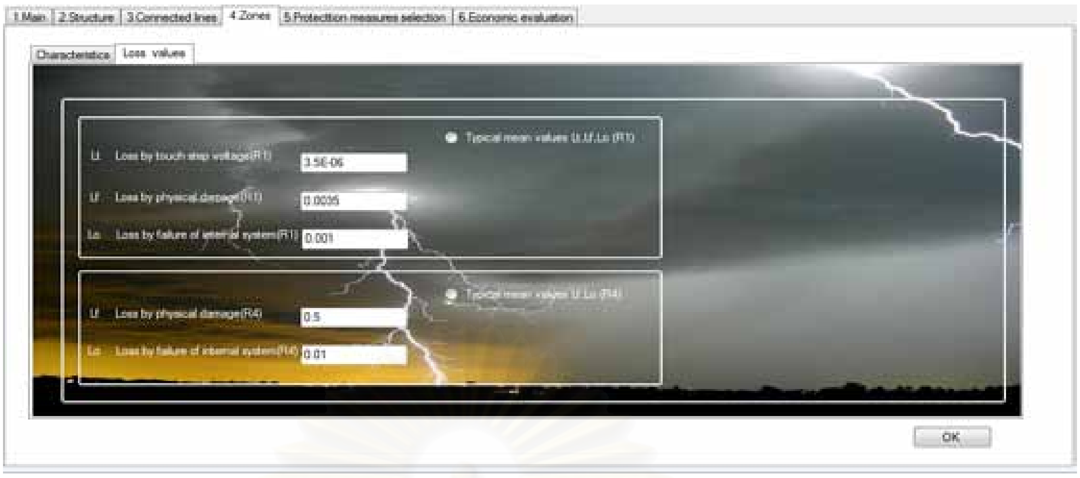
ตารางที่4.28 คุณลักษณะของย่านป้องกันฟ้าผ่า Z_3 (operating block)

Parameter	Comment	Symbol	Value
Soil surface type	Linoleum	r_u	1×10^{-5}
Risk of fire	Low	r_f	1×10^{-3}
Special hazard (relevant to R_1)	Difficulty of evacuation	h_Z	5

Special hazard (relevant to R_4)	None	h_z	1
Fire protection	None	r_p	1
Spatial shield	None	K_{S2}	1
Loss by touch and step voltages (relevant to R_1)	Yes	L_t	3.5×10^{-6}
Loss by physical damage (relevant to R_1)	Yes	L_f	3.5×10^{-3}
Loss by failure of internal system (relevant to R_1)	None	L_o	1×10^{-3}
Loss by physical damage (relevant to R_4)	Yes	L_f	5×10^{-1}
Loss by failure of internal system (relevant to R_4)	None	L_o	1×10^{-2}



a)

b) 

รูปที่ 4.24 ส่วนของคุณลักษณะย่านป้องกันฟ้าผ่า Z_3 (operating block)

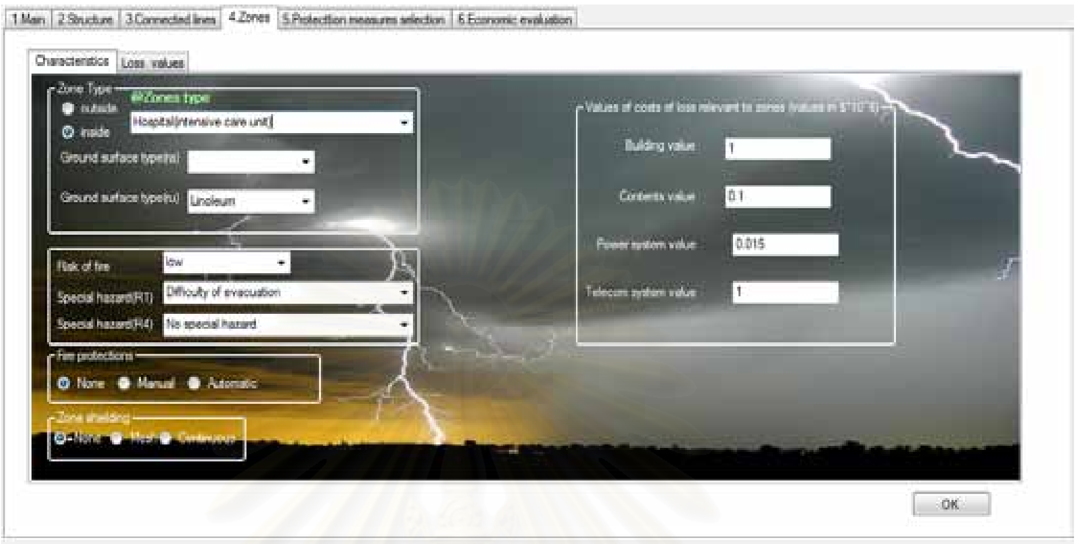
a) คุณลักษณะย่านป้องกันฟ้าผ่า Z_3 (operating block)

b) ความสูญเสียของชีวิตมนุษย์และทางเศรษฐศาสตร์ของย่าน Z_3 (operating block)

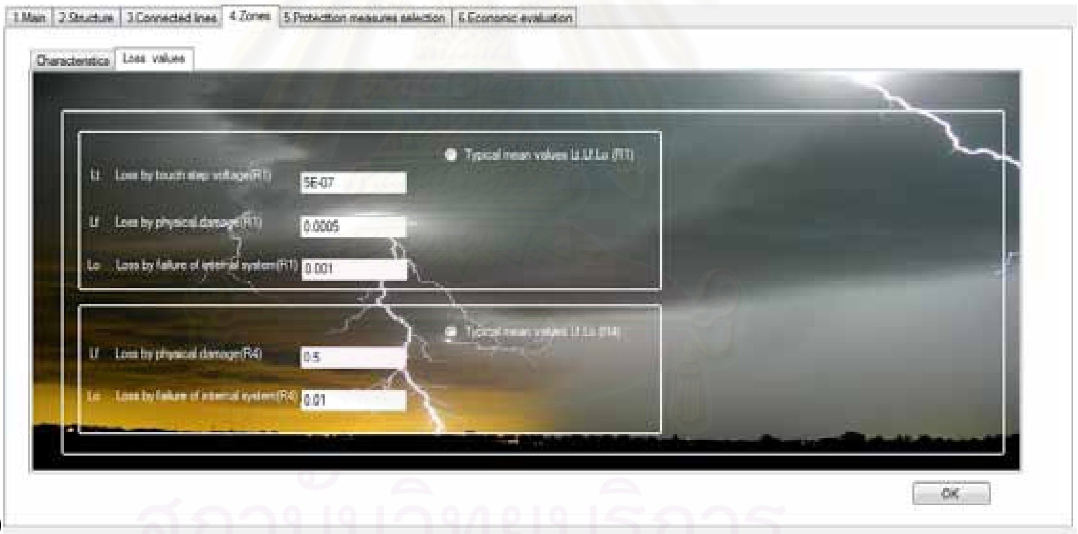
ตารางที่4.29 คุณลักษณะของย่านป้องกันฟ้าผ่า Z_4 (intensive care unity)

Parameter	Comment	Symbol	Value
Soil surface type	Linoleum	r_u	1×10^{-5}
Risk of fire	Low	r_f	1×10^{-3}
Special hazard (relevant to R_1)	Difficulty of evacuation	h_Z	5
Special hazard (relevant to R_4)	None	h_Z	1
Fire protection	None	r_p	1
Spatial shield	None	K_{S2}	1
Loss by touch and step voltages(relevant to R_1)	Yes	L_t	5×10^{-7}
Loss by physical damage(relevant to R_1)	Yes	L_f	5×10^{-4}
Loss by failure of internal system(relevant to R_1)	None	L_o	1×10^{-3}
Loss by physical damage(relevant to R_4)	Yes	L_f	5×10^{-1}

Loss by failure of internal system(relevant to R_4)	None	L_o	1×10^{-2}



a)



b)

รูปที่ 4.25 ส่วนของคุณลักษณะย่านป้องกันฟ้าผ่า Z_4 (intensive care unity)

a) คุณลักษณะย่านป้องกันฟ้าผ่า Z_4 (intensive care unity)

b) ความสูญเสียของชีวิตมนุษย์และทางเศรษฐศาสตร์ของย่าน Z_4 (intensive care unity)

4.3.3 ความถี่ของการเกิดฟ้าผ่า

ความถี่ของการเกิดฟ้าผ่าสามารถคำนวณได้ตามสมการ (2.7) ถึง (2.12) และผลของการคำนวณความถี่ของการเกิดฟ้าผ่าแสดงในตารางที่4.30

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่4.30 ค่าของความถี่ของการเกิดฟ้าผ่าของโรงพยาบาล

Symbol	Value
N_D	8.92E-02
N_M	1.13E+00
$N_L(Power)$	2.66E-03
$N_I(Power)$	7.08E-02
$N_L(Telecom)$	7.64E-03
$N_I(Telecom)$	2.12E-01
$N_{da}(Telecom)$	1.12E-02

4.3.4 การประเมินความเสี่ยงของความสูญเสียของชีวิตมนุษย์

ตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณแสดงไว้ในตารางที่4.23ถึง4.31ส่วนผลของการประเมินความเสี่ยงของความสูญเสียของชีวิตมนุษย์แสดงไว้ในตารางที่4.32

ตารางที่4.31 ค่าของความน่าจะเป็นของความเสียหายสำหรับสิ่งปลูกสร้างที่ไม่ถูกป้องกัน

Symbol	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4
P_A	1	-		
P_B	-	1		
P_C (Power line)	-	1		
P_C (Telecom line)	-	1		
P_C	-	1		
P_M (Power line)	-	0.75		
P_M (Telecom line)	-	0.009		
P_M	-	0.7523		
P_U (Power line)	-	0.2		
P_V (Power line)	-	0.2		
P_W (Power line)	-	0.2		
P_Z (Power line)	-	0.008		
P_U (Telecom line)	-	0.8		
P_V (Telecom line)	-	0.8		
P_W (Telecom line)	-	0.8		

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

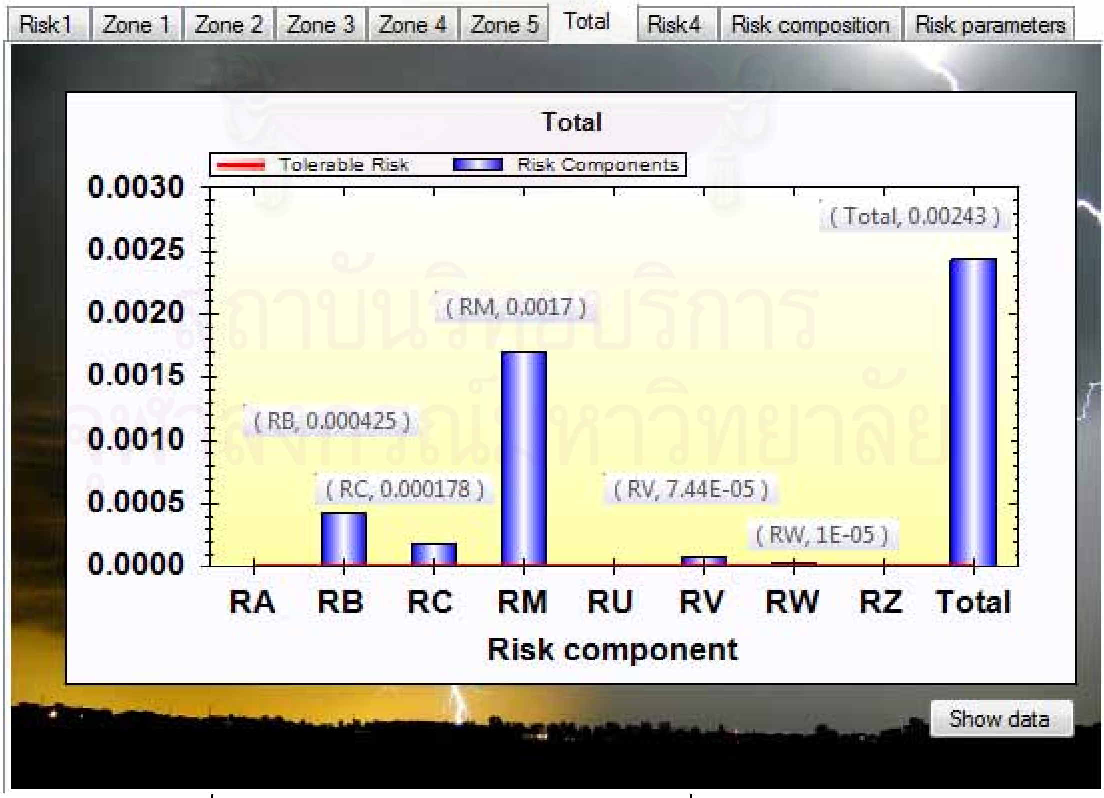
P_Z (Telecom line)	-	0.04

ตารางที่4.32 ผลของการประเมินความเสี่ยง R_1 ของโรงพยาบาล

Symbol	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Structure
R_A	9.00E-08	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	9.00E-08
R_B	0.00E+00	4.24E-04	1.56E-06	2.20E-07	4.25E-04
R_C	0.00E+00	0.00E+00	8.92E-05	8.92E-05	1.78E-04
R_M	0.00E+00	0.00E+00	8.50E-04	8.50E-04	1.70E-03
R_U	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
R_V	0.00E+00	7.41E-05	2.70E-07	4.00E-08	7.44E-05
R_W	0.00E+00	0.00E+00	1.56E-05	1.56E-05	3.12E-05
R_Z	0.00E+00	0.00E+00	8.72E-06	8.72E-06	1.74E-05
R_{Total}	9.00E-08	4.98E-04	9.65E-04	9.64E-04	2.43E-03

4.3.5 ผลจากการประเมินความเสี่ยงของความสูญเสียของชีวิตมนุษย์ R_1

เพราะว่า $R_1 = 263 \times 10^{-5}$ มีค่าสูงกว่าค่าความเสี่ยงที่ยอมรับได้(Tolerable Risk) R_T เท่ากับ 10^{-5} ดังรูปที่4.26จึงจำเป็นต้องใช้มาตรการป้องกันฟ้าผ่าสำหรับสิ่งปลูกสร้าง



รูปที่ 4.26 ส่วนของผลจากการประเมินความเสี่ยง R_1 ของโรงพยาบาล

4.3.6 การเลือกมาตรการป้องกันฟ้าผ่า

ส่วนประกอบความเสี่ยงที่สัมพันธ์กับย่านป้องกันฟ้าผ่า โดยที่แต่ละส่วนประกอบความเสี่ยง R_D , R_I , R_S , R_F , R_O สามารถแสดงได้ดังสมการ(4.1)ถึง(4.5)และดังแสดงในตารางที่4.33

ตารางที่4.33 ส่วนประกอบความเสี่ยงที่สัมพันธ์กับแหล่งกำเหนิดและชนิดความเสียหายของโรงพยาบาล

Symbol	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Structure
R_D	9.00E-08	4.24E-04	9.08E-05	8.94E-05	6.04E-04
R_I	0.00E+00	7.41E-05	8.75E-04	8.74E-04	1.82E-03
Total	9.00E-08	4.98E-04	9.65E-04	9.64E-04	2.42E-03
R_S	9.00E-08	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	9.00E-08
R_F	0.00E+00	4.98E-04	1.83E-06	2.60E-07	5.00E-04
R_O	0.00E+00	0.00E+00	9.64E-04	9.64E-04	1.93E-03
Total	9.00E-08	4.98E-04	9.65E-04	9.64E-04	2.43E-03

ส่วนประกอบความเสี่ยงที่แสดงจะเห็นว่าความเสี่ยงต่อความสูญเสียของชีวิตมนุษย์ R_1 เกิดเนื่องจากความล้มเหลวของระบบไฟฟ้าและระบบอิเล็กทรอนิกส์ R_O ในย่านป้องกันฟ้าผ่า Z_3 และ Z_4 รวมกับความเสียหายทางกายภาพ R_F ในย่านการป้องกันฟ้าผ่า Z_2

ความเสี่ยงต่อความสูญเสียของชีวิตมนุษย์ R_1 เกิดขึ้นโดย

- ความล้มเหลวของระบบไฟฟ้าและระบบอิเล็กทรอนิกส์ในย่านป้องกันฟ้าผ่า Z_3 และ Z_4 ($R_M \approx 57\%, R_C \approx 6\%$)
- ความเสียหายต่อสิ่งปลูกสร้างในย่าน Z_2 ($R_B \approx 27\%, R_V \approx 4\%$)

ส่วนประกอบ R_B สามารถลดลงได้โดย

- ติดตั้งระบบป้องกันฟ้าผ่าสมบูรณ์ตามมาตรฐานIEC 62305-3
- จัดหามาตรการป้องกันฟ้าผ่าสำหรับย่านป้องกันฟ้าผ่า Z_2 เพื่อลดผลจากไฟไหม้(การติดตั้งเครื่องดับเพลิงหรือระบบป้องกันอัคคีภัยแบบอัตโนมัติ)

ส่วนประกอบ R_C และ R_V สามารถลดลงได้โดยจัดหาการจัดการประสานสัมพันธ์ระหว่างอุปกรณ์ป้องกันเสิร์จตามมาตรฐานIEC 62305-4

ส่วนประกอบ R_M ในย่านป้องกันฟ้าผ่า Z_3 และ Z_4 สามารถลดลงได้โดย

- การจัดการประสานสัมพันธ์ระหว่างอุปกรณ์ป้องกันเสิร์จตามมาตรฐานIEC 62305-4 ที่บริวณทางเข้าของทั้งระบบจำหน่ายแรงต่ำและระบบสื่อสารโทรคมนาคม

- ติดตั้งการชีลด์แบบตาข่ายที่เหมาะสมในย่านป้องกันฟ้าผ่า Z_3 และ Z_4

สำหรับมาตรการป้องกันฟ้าผ่าเพื่อแก้ปัญหาคือ

วิธีที่1

- ติดตั้งระบบป้องกันฟ้าผ่าสมบูรณ์ระดับ I
- การจัดการประสานสัมพันธ์ระหว่างอุปกรณ์ป้องกันเสิร์จที่บริวณทางเข้าของทั้งระบบจำหน่ายแรงต่ำและระบบสื่อสารโทรคมนาคมแบบยกระดับ $(1.5X)P_{SPD} = 0.005$
- ติดตั้งระบบป้องกันอัคคีภัยแบบอัตโนมัติสำหรับย่านป้องกันฟ้าผ่า Z_2 เพื่อลดผลจากไฟไหม้
- จัดหาการชีลด์แบบตาข่าย $w = 0.5m$ สำหรับย่านป้องกันฟ้าผ่า Z_3 และ Z_4

จากมาตรการป้องกันฟ้าผ่าค่าความน่าจะเป็นของความเสียหายสำหรับสิ่งปลูกสร้างจะลดลงดังตารางที่4.34 และ ตัวแปรลดสำหรับการเตรียมตัวป้องการไฟไหม้สำหรับย่านป้องกันฟ้าผ่า Z_2 $r_p = 0.2$ ผลของการใช้มาตรการป้องกันวิธีที่1ดังแสดงในรูปที่4.27

ตารางที่4.34 ค่าของความน่าจะเป็นของความเสียหายที่ใช้มาตรการป้องกันวิธีที่1ของโรงพยาบาล

Symbol	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4
P_A	1	-		
P_B	-	0.02		
P_C (Power line)	-	0.005		
P_C (Telecom line)	-	0.005		
P_C	-	0.01		
P_M (Power line)	-	0.0001		
P_M (Telecom line)	-	0.0001		
P_M	-	0.0002		
P_U (Power line)	-	0.005		
P_V (Power line)	-	0.005		
P_W (Power line)	-	0.005		
P_Z (Power line)	-	0.005		
P_U (Telecom line)	-	0.005		
P_V (Telecom line)	-	0.005		
P_W (Telecom line)	-	0.005		

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

P_Z (Telecom line)	-	0.005

วิธีที่2

- ติดตั้งระบบป้องกันฟ้าผ่าสมบูรณ์ระดับ I
- การจัดการประสานสัมพันธ์ระหว่างอุปกรณ์ป้องกันเสิร์จที่บริวณทางเข้าของทั้งระบบจำหน่ายแรงต่ำและระบบสื่อสารโทรคมนาคมแบบยกระดับ $(3X)P_{SPD} = 0.001$
- ติดตั้งระบบป้องกันอัคคีภัยแบบอัตโนมัติสำหรับย่านป้องกันฟ้าผ่า Z_2 เพื่อลดผลจากไฟไหม้

จากมาตรการป้องกันฟ้าผ่าค่าความน่าจะเป็นของความเสียหายสำหรับสิ่งปลูกสร้างจะลดลงดังตารางที่4.35 และ ตัวแปรลดสำหรับการเตรียมตัวป้องการไฟไหม้สำหรับย่านป้องกันฟ้าผ่า Z_2 $r_p = 0.2$ ผลของการใช้มาตรการป้องกันวิธีที่2ดังแสดงในรูปที่4.28

ตารางที่4.35 ค่าของความน่าจะเป็นของความเสียหายที่ใช้มาตรการป้องกันวิธีที่2ของโรงพยาบาล

Symbol	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4
P_A	1	-		
P_B	-	0.02		
P_C (Power line)	-	0.001		
P_C (Telecom line)	-	0.001		
P_C	-	0.002		
P_M (Power line)	-	0.001		
P_M (Telecom line)	-	0.001		
P_M	-	0.002		
P_U (Power line)	-	0.001		
P_V (Power line)	-	0.001		
P_W (Power line)	-	0.001		
P_Z (Power line)	-	0.001		
P_U (Telecom line)	-	0.001		
P_V (Telecom line)	-	0.001		
P_W (Telecom line)	-	0.001		
P_Z (Telecom line)	-	0.001		

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิธีที่3

- ติดตั้งระบบป้องกันฟ้าผ่าสมบูรณ์ระดับ I
- การจัดการประสานสัมพันธ์ระหว่างอุปกรณ์ป้องกันเสิร์จที่บริวณทางเข้าของ

ทั้งระบบจำหน่ายแรงต่ำและระบบสื่อสารโทรคมนาคมแบบยกระดับ $(2X)P_{SPD} = 0.002$

- ติดตั้งระบบป้องกันอัคคีภัยแบบอัตโนมัติสำหรับย่านป้องกันฟ้าผ่า Z_2

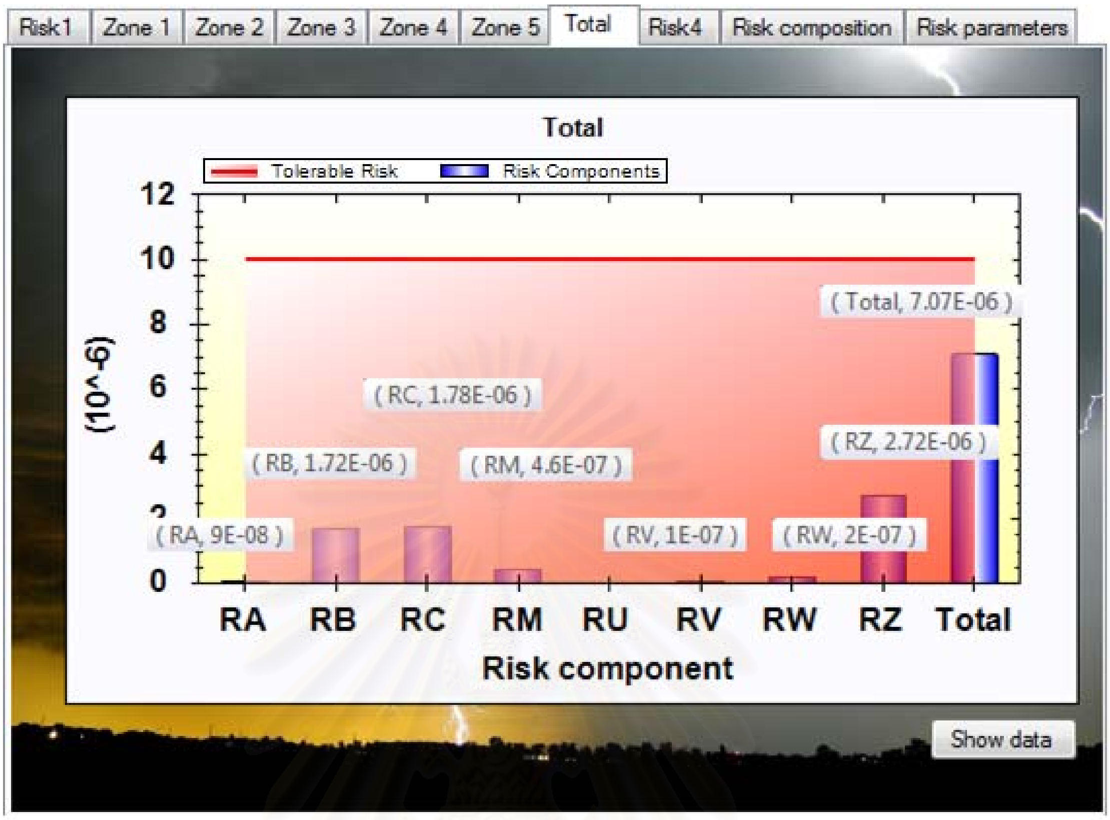
เพื่อลดผลจากไฟไหม้

- จัดหาการชีลด์แบบตาข่าย $W = 0.1m$

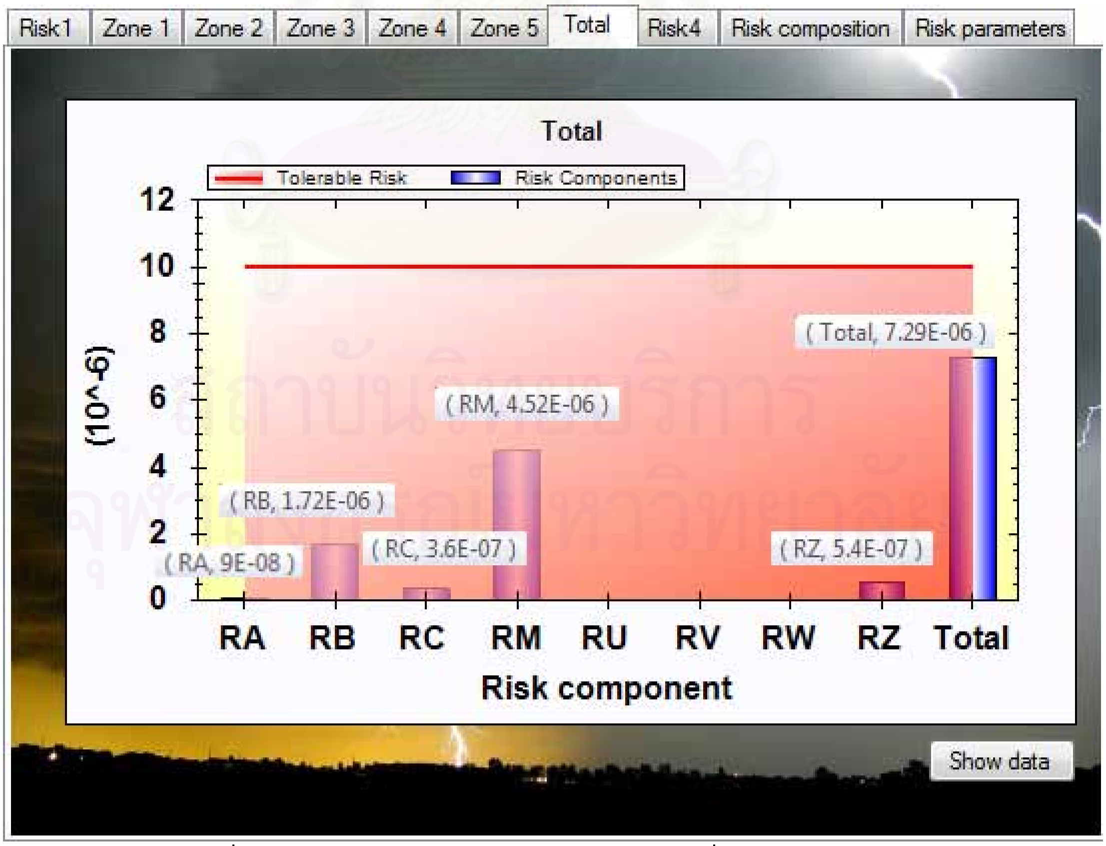
สำหรับย่านป้องกันฟ้าผ่า Z_3 และ Z_4 จากมาตรการป้องกันฟ้าผ่าค่าความน่าจะเป็นของความเสียหายสำหรับสิ่งปลูกสร้างจะลดลงดังตารางที่4.36 และตัวแปรลดสำหรับการเตรียมตัวป้องการไฟไหม้สำหรับย่านป้องกันฟ้าผ่า Z_2 $r_p = 0.2$ ผลของการใช้มาตรการป้องกันวิธีที่3ดังแสดงในรูปที่4.29

ตารางที่4.36 ค่าของความน่าจะเป็นของความเสียหายที่ใช้มาตรการป้องกันวิธีที่3ของโรงพยาบาล

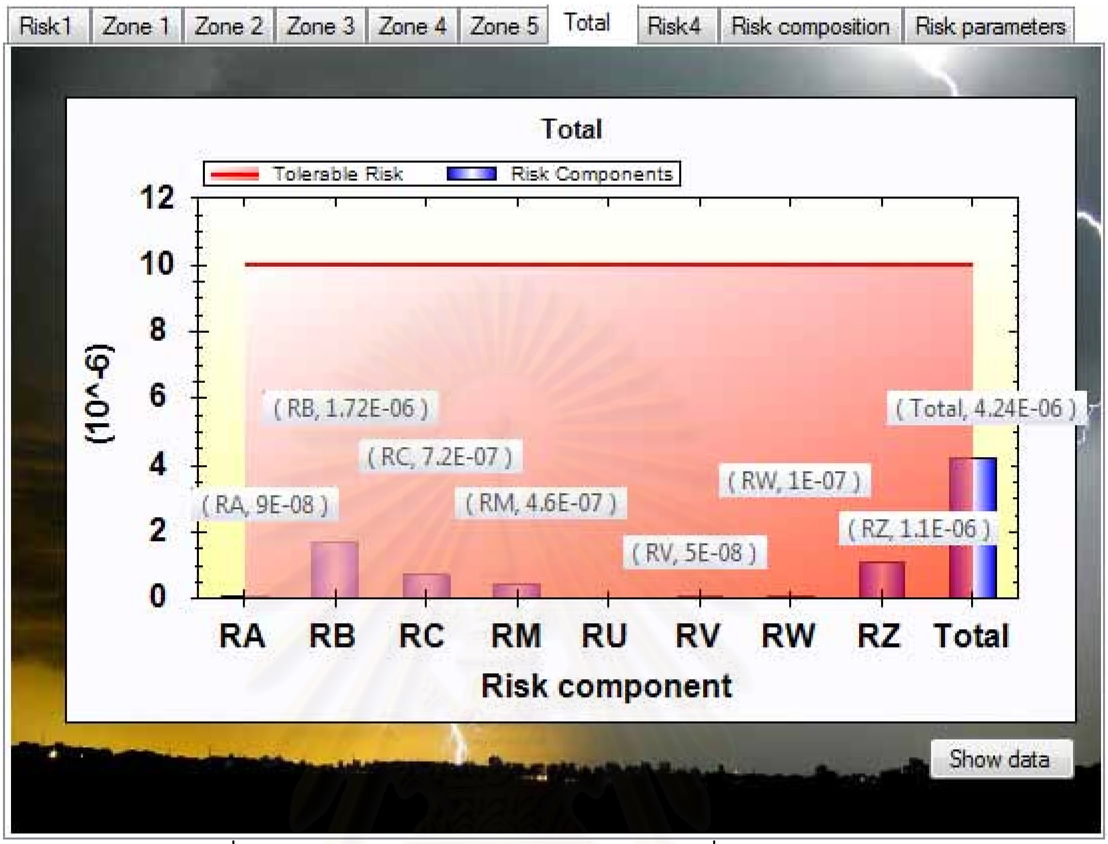
Symbol	Z1	Z2	Z3	Z4
P_A	1	-		
P_B	-	0.02		
P_C (Power line)	-	0.002		
P_C (Telecom line)	-	0.002		
P_C	-	0.004		
P_M (Power line)	-	0.0001		
P_M (Telecom line)	-	0.0001		
P_M	-	0.0002		
P_U (Power line)	-	0.002		
P_V (Power line)	-	0.002		
P_W (Power line)	-	0.002		
P_Z (Power line)	-	0.002		
P_U (Telecom line)	-	0.002		
P_V (Telecom line)	-	0.002		
P_W (Telecom line)	-	0.002		
P_Z (Telecom line)	-	0.002		



รูปที่ 4.27 ส่วนของการใช้มาตรการป้องกันวิธีที่1 ของโรงพยาบาล



รูปที่ 4.28 ส่วนของการใช้มาตรการป้องกันวิธีที่2 ของโรงพยาบาล



รูปที่ 4.29 ส่วนของการใช้มาตรการป้องกันวิธีที่3 ของโรงพยาบาล

ตารางที่4.37 ผลของการประเมินความเสี่ยง R_1 เมื่อใช้มาตรการป้องกันของโรงพยาบาล

Symbol	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Structure
วิธีที่1	9.00E-08	1.79E-06	2.61E-06	2.58E-06	7.07E-06
วิธีที่2	9.00E-08	1.71E-06	2.76E-06	2.73E-06	7.29E-06
วิธีที่3	9.00E-08	1.74E-06	1.22E-06	1.19E-06	4.24E-06

4.3.7 **ข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ต้นทุน-ผลประโยชน์**

ค่าใช้จ่ายของความสูญเสียทั้งหมด C_L มีค่าเท่ากับ

$$C_L = (R_B + R_V)\bullet(C_A + C_B + C_S + C_C) + (R_C + R_M + R_W + R_Z)\bullet C_S \quad (4.6)$$

โดยที่ R_B , R_V คือ ส่วนประกอบความเสี่ยงที่เกี่ยวข้องกับความเสียหายทางกายภาพซึ่งไม่มีมาตรการป้องกันฟ้าผ่า

R_C , R_M , R_W , R_Z คือ ส่วนประกอบความเสี่ยงที่เกี่ยวข้องกับความล้มเหลวของระบบไฟฟ้าและระบบอิเล็กทรอนิกส์ซึ่งไม่มีมาตรการป้องกันฟ้าผ่า

C_S คือ ค่าใช้จ่ายของระบบของสิ่งปลูกสร้าง

C_B คือ ค่าใช้จ่ายของอาคาร

C_C คือ ค่าใช้จ่ายของสิ่งที่บรรจุอยู่ภายในอาคาร

ค่าใช้จ่ายทั้งหมดของความสูญเสียที่เหลือ C_{RL} มีค่าเท่ากับ

$$C_{RL} = (R'_B + R'_V) \bullet (C_A + C_B + C_S + C_C) + (R'_C + R'_M + R'_W + R'_Z) \bullet C_S \quad (4.7)$$

โดยที่ R'_B , R'_V คือ ส่วนประกอบความเสี่ยงที่เกี่ยวข้องกับความเสียหายทางกายภาพซึ่งมีมาตรการป้องกันฟ้าผ่า

R'_C , R'_M , R'_W , R'_Z คือ ส่วนประกอบความเสี่ยงที่เกี่ยวข้องกับความล้มเหลวของระบบไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ซึ่งมีมาตรการป้องกันฟ้าผ่า

ค่าใช้จ่ายประจำปีของมาตรการป้องกันฟ้าผ่า C_{PM} มีค่าเท่ากับ

$$C_{PM} = C_P \bullet (i + a + m) \quad (4.8)$$

โดยที่ C_P คือ ค่าใช้จ่ายของมาตรการป้องกันฟ้าผ่า

i คือ อัตราดอกเบี้ย

a คือ อัตราค่าตัดจำหน่าย

m คือ อัตราค่าบำรุงรักษา

การลดค่าใช้จ่ายของเงินประจำปีมีค่าเท่ากับ

$$S = C_L - (C_{RL} + C_{PM}) \quad (4.9)$$

ตารางที่4.38 มูลค่าของความเสียหายกับความสูญเสียที่เกี่ยวข้องย่านป้องกันฟ้าผ่า ($\$ \times 10^6$)

Symbol	Building B	Contents I	Power system A	Telecom system A
Z_1	0	0	0	0
Z_2	70	6	3	0.5
Z_3	2	0.9	5	0.5
Z_4	1	0.1	0.015	1
Total	73	7	8.015	2

ตารางที่4.39 มูลค่าที่เกี่ยวข้องกับอัตรา

Rate	Symbol	Value
Interest	i	0.04
Amortization	a	0.05
Maintenance	m	0.01

ตารางที่4.40 ผลของการประเมินความเสี่ยงต่อความสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์ R_4 ($\$ \times 10^6$)

Symbol	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Structure
R_B	0.00E+00	4.46E-04	4.46E-05	4.46E-05	5.35E-04
R_C (Power line)	0.00E+00	8.92E-04	8.92E-04	8.92E-04	2.68E-03
R_C (Telecom line)	0.00E+00	8.92E-04	8.92E-04	8.92E-04	2.68E-03
R_M (Power line)	0.00E+00	8.48E-03	8.48E-03	8.48E-03	2.54E-02
R_M (Telecom line)	0.00E+00	1.02E-04	1.02E-04	1.02E-04	3.05E-04
R_V (Power line)	0.00E+00	2.66E-06	2.70E-07	2.70E-07	3.20E-06
R_V (Telecom line)	0.00E+00	7.54E-05	7.54E-06	7.54E-06	9.04E-05
R_W (Power line)	0.00E+00	5.32E-06	5.32E-06	5.32E-06	1.60E-05
R_W (Telecom line)	0.00E+00	1.51E-04	1.51E-04	1.51E-04	4.52E-04
R_Z (Power line)	0.00E+00	5.45E-06	5.45E-06	5.45E-06	1.64E-05
R_Z (Telecom line)	0.00E+00	8.17E-05	8.17E-05	8.17E-05	2.45E-04
R_{Total}	0.00E+00	1.11E-02	1.07E-02	1.07E-02	3.24E-02

ตารางที่4.41 ปริมาณของความสูญเสีย C_L และ C_{RL} ($)

Symbol	C_L (unprotected)	C_{RL} (วิธีที่1)	C_{RL} (วิธีที่2)	C_{RL} (วิธีที่3)
Z_2	70200	185	189	162
Z_3	47900	61.8	79.2	32.8
Z_4	1480	18.9	16.5	9.37
Total	119580	265.7	284.7	204.17

ตารางที่4.42 มูลค่า C_P และ C_{PM} ของมาตรการป้องกัน ($)

Protection measures	C_P	C_{PM}
LPS class I	100,000	10,000
Fire detection system	50,000	5,000
Zones Z_3 and Z_4 shielding(w=0.5)	100,000	10,000
Zones Z_3 and Z_4 shielding(w=0.1)	110,000	11,000
SPD(1.5X) on power system	20,000	2,000
SPD(2X) on power system	24,000	2,400

ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

SPD(3X) on power system	30,000	3,000
SPD(1.5X) on TLC system	10,000	1,000
SPD(2X) on TLC system	12,000	2,000
SPD(3X) on TLC system	15,000	1,500

จากตารางที่4.38 ถึง 4.42 และสมการที่ (4.6) ถึง (4.9) สามมารถคำนวณการลดค่าใช้จ่ายของเงินประจำปีได้ตามตารางที่4.43

ตารางที่4.43 การลดค่าใช้จ่ายของเงินประจำปี ($)

การลดค่าใช้จ่ายของเงินประจำปี($)	
วิธีที่1	91314.3
วิธีที่2	99795.3
วิธีที่3	89775.83

4.4 อพาร์ทเม้นท์

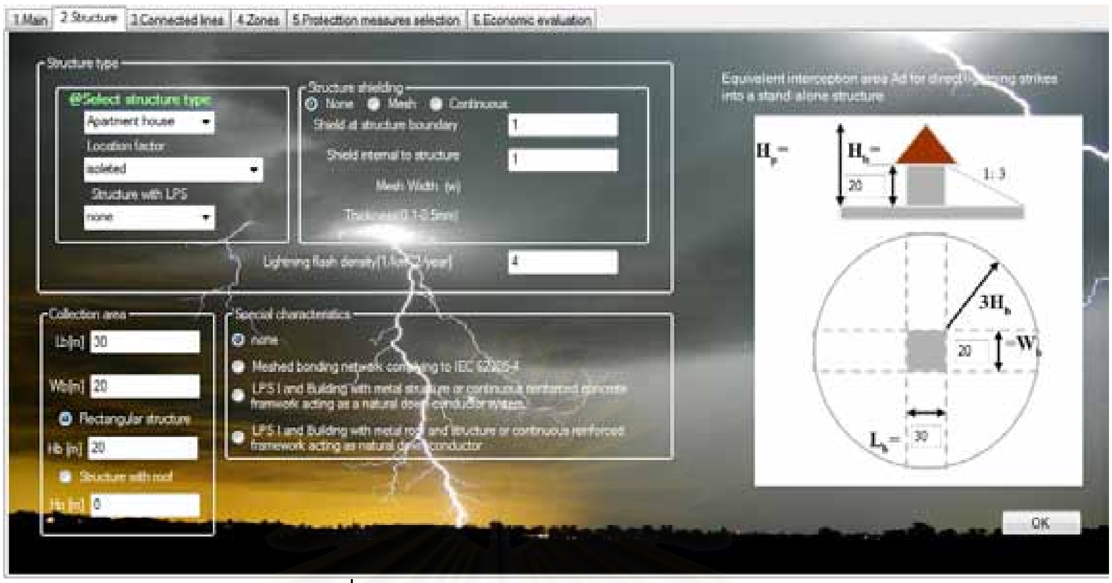
การประเมินความเสี่ยงของความสูญเสียของชีวิตมนุษย์ R_1 ของอพาร์ทเม้นโดยตัวอย่างนี้จำเป็นต้องพิจารณาส่วนประกอบความเสี่ยง R_B , R_U , R_V

4.4.1 คุณลักษณะของสิ่งปลูกสร้าง

- คุณลักษณะของอพาร์ทเม้นท์แสดงไว้ในตารางที่4.44และรูปที่4.30
- คุณลักษณะของระบบบริการที่เป็นระบบจำหน่ายแรงต่ำของอพาร์ทเม้นท์แสดงในตารางที่4.45และรูปที่4.31
- คุณลักษณะของระบบบริการที่เป็นระบบสื่อสารโทรคมนาคมของอพาร์ทเม้นท์ดังแสดงในตารางที่4.46และรูปที่4.32

ตารางที่4.44 คุณลักษณะของอพาร์ทเม้นท์

Parameter	Comment	Symbol	Value
Dimension(m)	-	(L_b, W_b, H_b)	$30 \times 20 \times 20$
Location factor	Isolated	C_d	1
LPS	None	P_B	1
Lightning flash density	1/ Km^2/year	N_g	4

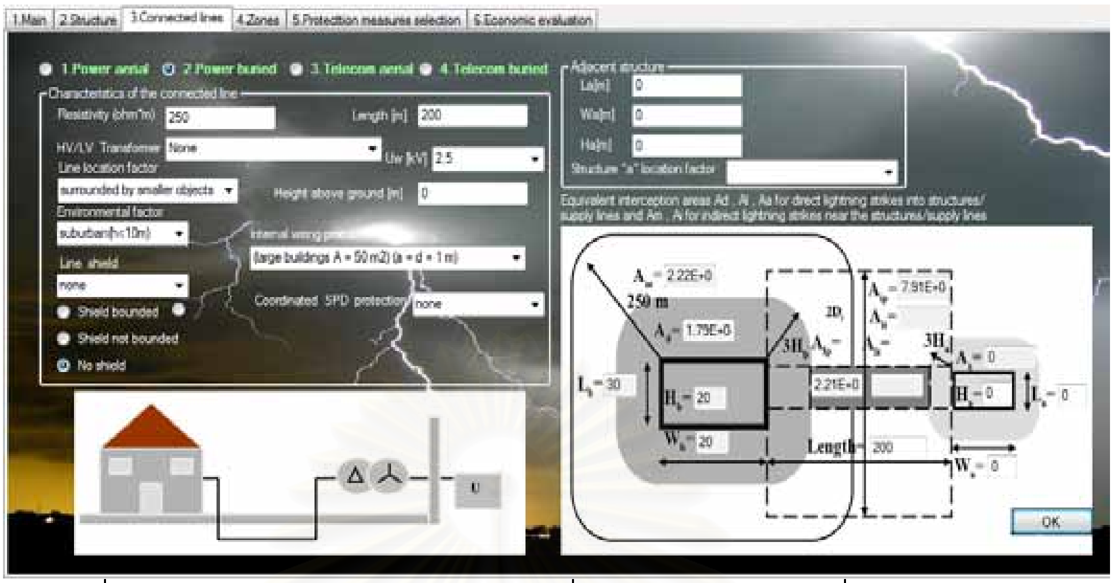


รูปที่ 4.30 ส่วนของคุณลักษณะอพาร์ทเม้นท์

ตารางที่4.45 คุณลักษณะของระบบบริการที่เป็นระบบจำหน่ายแรงต่ำของอพาร์ทเม้นท์

Parameter	Comment	Symbol	Value
Soil resistivity	Ωm	ρ	250
Length(m)	-	L_C	200
Height(m)	Buried	-	-
HV/LV transformer	None	C_t	1
Line location factor	Surrounded by smaller objects	C_d	0.5
Line environment factor	Suburban	C_e	0.5
Line shield	Unshielded	P_{LD}	1
		P_{LI}	0.4
Withstand of internal system	$U_W = 2.5kv$	K_{S4}	0.6
Coordinated SPD protection	None	P_{SPD}	1
End “a” line structure dimensions(m)	None	$L_a \times W_a \times H_a$	-

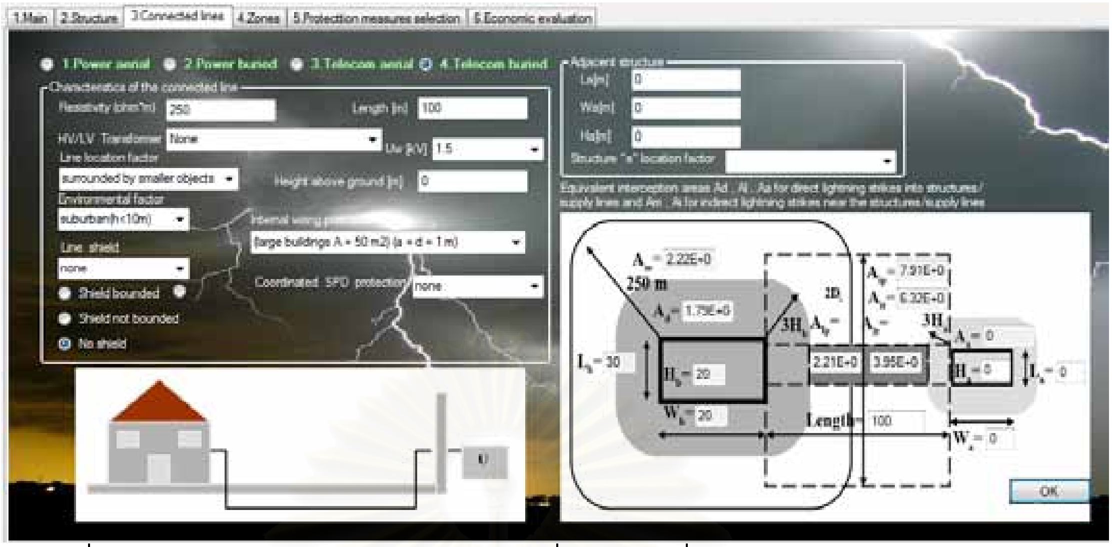
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.31 ส่วนของคุณลักษณะระบบบริการที่เป็นระบบจำหน่ายแรงต่ำของอพาร์ทเม้นท์

ตารางที่4.46 คุณลักษณะของระบบบริการที่เป็นระบบสื่อสารโทรคมนาคมของอพาร์ทเม้นท์

Parameter	Comment	Symbol	Value
Soil resistivity	Ωm	ρ	250
Length(m)	-	L_C	100
Height(m)	Buried	-	-
Line location factor	Surrounded by smaller objects	C_d	0.5
Line environment factor	Suburban	C_e	0.5
Line shield: bonded to equipotential bonding bar and equipment connected to the same bonding bar	None	P_{LD}	1
		P_{LI}	1
Withstand of internal system	$U_W = 1.5kv$	K_{S4}	1
Coordinated SPD protection	None	P_{SPD}	1
End “a” line structure dimensions(m)	None	$L_a \times W_a \times H_a$	-



รูปที่ 4.32 ส่วนของคุณลักษณะระบบบริการที่เป็นระบบสื่อสารโทรคมนาคมของอพาร์ทเม้นท์

4.4.2 คุณลักษณะของย่านป้องกันฟ้า

กำหนดย่านป้องกันฟ้าผ่าได้ดังนี้

- Z_1 (outside the building)
- Z_2 (inside the building)

โดยคุณลักษณะของย่านป้องกันฟ้าผ่า Z_2 (inside the building)ดังแสดงในตารางที่4.47 และตารางที่4.48จะแสดงมาตรการป้องกันฟ้าผ่าซึ่งสัมพันธ์กับความสูงและความเสี่ยงไฟไหม้

ตารางที่4.47 คุณลักษณะของย่านป้องกันฟ้าผ่าของอพาร์ทเม้นท์ Z_2 (inside the building)

Parameter	Comment	Symbol	Value
Floor surface type	Wood	r_u	10^{-5}
Risk of fire	Variable	r_f	-
Special hazard	None	h_Z	1
Fire protection	None	r_p	1
Loss by touch step voltage	Yes	L_t	10^{-4}
Loss by physical damage	Yes	L_f	10^{-1}

ตารางที่4.48 มาตรการป้องกันฟ้าผ่าซึ่งสัมพันธ์กับความสูงและความเสี่ยงไฟไหม้

Risk of fire	Height (m)	LPS type	$R_1 (\times 10^{-5})$	Structure protected
Low		-	7.73E-06	x
		-	7.73E-05	No
Ordinary		IV	2.00E-05	No

	20	III	1.28E-05	No
High		-	7.73E-04	No
		II	9.26E-05	No
		I	7.11E-05	No
Low	40	-	2.33E-05	No
		IV	4.81E-06	x
Ordinary		-	2.33E-04	No
		IV	4.81E-05	No
		I	6.51E-06	x
High		-	2.33E-05	No
		I	6.50E-07	x

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

การประเมินความเสี่ยงเป็นขั้นตอนที่ระบุส่วนประกอบความเสี่ยงของอันตรายทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับฟ้าผ่าที่ก่อให้เกิดความเสียหายและความสูญเสียและตัดสินใจว่าความเสี่ยงนั้นอยู่ในระดับที่ยอมรับได้หรือไม่ ระดับความเสี่ยงที่ยอมรับได้จึงไม่ต้องมีมาตรการเพิ่ม การพิจารณาความเสี่ยงอาจจะทำเมื่อเห็นว่าคุ้มค่า หรือการปรับปรุงแล้วไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นอาจจะใช้มาตรการเพิ่มขึ้นเป็นพิเศษก็ได้ถ้าต้องการให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ส่วนความเสี่ยงที่ยอมรับไม่ได้ต้องหามาตรการป้องกันต่อไป

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับความเสี่ยงของความเสียหายจากฟ้าผ่าของสิ่งปลูกสร้างซึ่งประมาณได้จาก ความถี่ของการเกิดฟ้าผ่า ความน่าจะเป็นของความเสียหายและความสูญเสียของชีวิตมนุษย์ โดยการประเมินความเสี่ยงของความเสียหายจากฟ้าผ่าจะใช้โปรแกรมไมโครซอฟต์วิชัวล์เบสิก.เน็ต โดยเน้นไปที่สิ่งปลูกสร้างทั่วไปได้แก่ บ้านในชนบท ออฟฟิศ โรงพยาบาล และอพาร์ทเม้นท์

โปรแกรมประเมินความเสี่ยงของความเสียหายจากฟ้าผ่า มีความสามารถดังนี้

- สามารถเลือกความเสี่ยงที่ยอมรับได้สำหรับมาตรฐานIECเพื่อเปรียบเทียบในการคำนวณ
- สามารถระบุระบบบริการและย่านการป้องกันฟ้าผ่าได้
- สามารถเลือกมาตรการป้องกันฟ้าผ่าทั้งแบบอัตโนมัติหรือเลือกโดยผู้ใช้
- สามารถประเมินความเสี่ยงของความเสียหายจากฟ้าผ่าสำหรับสิ่งปลูกสร้างตามมาตรฐานIEC 62305-2:2006
- สามารถแสดงผลในรูปของตารางข้อมูลและกราฟได้

รายการอ้างอิง

[1] คณะกรรมการวิชาการสาขาวิศวกรรมไฟฟ้า. มาตรฐานการป้องกันฟ้าผ่าสำหรับสิ่งปลูกสร้าง. พิมพ์ครั้งที่2. วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์, 2550.

[2] คณะกรรมการวิชาการสาขาวิศวกรรมไฟฟ้า. มาตรฐานการป้องกันแม่เหล็กไฟฟ้าจากฟ้าผ่า. พิมพ์ครั้งที่1. วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์, 2550.

[3] IEC 61662. Assessment of the risk of damage due to lightning. First edition, 1995-04

[4] IEC 61024-1. Protection of structures against lightning, Part 1 : General principles. First edition, 1990-03

[5] IEC 61024-1-1. Protection of structures against lightning, Part 1-1: General principles, Section 1: Guide A – Selection of protective levels for lightning protection systems. First edition, 1993-08

[6] IEC 61024-1-2. Protection of structures against lightning, Part 1-2: General principles – Guide B – Design, installation, maintenance and inspection of lightning protection systems. First edition, 1998-05

[7] IEC 62305-1. Protection against lightning, Part 1: General principles. First edition, 2006-01

[6] IEC 62305-2. Protection against lightning, Part 2: Risk management. First edition, 2006-01

[7] IEC 62305-3. Protection against lightning, Part 3: Physical damage to structures and life hazard. First edition, 2006-01

[8] IEC 62305-4. Protection against lightning, Part 4: Electrical and electronic systems within structures. First edition, 2006-01

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

การติดตั้งและการเรียกใช้งานโปรแกรม

1. Copy ไฟล์ database เข้าไปไว้ในไดเร็กเทอรี่ C:\
    - Add.mdbเป็นฐานข้อมูลแสดงส่วนประกอบความเสี่ยงต่อความสูญเสียของชีวิตมนุษย์
    - Add4.mdbเป็นฐานข้อมูลแสดงส่วนประกอบความเสี่ยงต่อความสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์
    - CLandCRL.mdbเป็นฐานข้อมูลแสดงปริมาณของความสูญเสีย C_L และ C_{RL}
    - Composition.mdbเป็นฐานข้อมูลแสดงส่วนประกอบความเสี่ยงที่สัมพันธ์กับแหล่งกำเหนิดและชนิดของความเสียหาย
    - Connected_lines.mdbเป็นฐานข้อมูลแสดงระบบบริการ
    - Costs.mdbเป็นฐานข้อมูลแสดงมูลค่าของความเสียหายกับความสูญเสียที่เกี่ยวข้องย่านป้องกันฟ้าผ่า
    - NX.mdbเป็นฐานข้อมูลแสดงความถี่ของการเกิดฟ้าผ่า
    - PX.mdbเป็นฐานข้อมูลแสดงความน่าจะเป็นของความเสียหายสำหรับสิ่งปลูกสร้าง
    - Zones_list.mdbเป็นฐานข้อมูลแสดงย่านป้องกันฟ้าผ่า
    - รูปภาพซึ่งเป็นส่วนประกอบของโปรแกรม
2. Copy ไฟล์ RiskAssessment2 เข้าไปไว้ในไดเร็กเทอรี่ C:\
3. เลือกไปที่ C:\RiskAssessment2\RiskAssessment2\bin\Debug
4. คลิกขวาที่RiskAssessment2เลือก Send to Desktop(Create Shortcut)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายรุ่งโรจน์ ชนะ เกิดเมื่อวันที่ 17 ธันวาคม พ.ศ. 2526 ที่จังหวัดนครศรีธรรมราช สำเร็จการศึกษาปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมสาตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ เมื่อปี พ.ศ. 2549 แล้วเข้าศึกษาต่อระดับปริญญาโทที่ ภาควิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีเดียวกัน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย