

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT
THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH**

LÊ QUANG TRUNG

**NGHIÊN CỨU VÀ ĐỀ XUẤT GIẢI PHÁP BẢO VỆ
CHỐNG SÉT CHO CÔNG TRÌNH ĐIỆN HÌNH Ở VIỆT NAM**

**LUẬN ÁN TIẾN SĨ
NGÀNH: KỸ THUẬT ĐIỆN- 62520202**

Tp. Hồ Chí Minh, tháng 8/2018

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT
THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH**

LÊ QUANG TRUNG

**NGHIÊN CỨU VÀ ĐỀ XUẤT GIẢI PHÁP BẢO VỆ
CHỐNG SÉT CHO CÔNG TRÌNH ĐIỆN HÌNH Ở VIỆT NAM**

**LUẬN ÁN TIẾN SĨ
NGÀNH: KỸ THUẬT ĐIỆN - 62520202**

Hướng dẫn khoa học:

- 1. PGS-TS. Quyền Huy Ánh**
- 2. PGS-TS Vũ Phan Tú**

Tp. Hồ Chí Minh, tháng 8/2018

QUYẾT ĐỊNH

VỀ VIỆC ĐỔI TÊN LUẬN ÁN VÀ NGƯỜI HƯỚNG DẪN NGHIÊN CỨU SINH KHÓA 2012-2015 HIỆU TRƯỞNG TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT TP. HỒ CHÍ MINH

Căn cứ quyết định số 426/QĐ-TTg ngày 27/10/1976 của Thủ tướng Chính phủ quy định về mạng lưới tổ chức và nhiệm vụ của các trường đại học;

Căn cứ chương 6 Điều lệ Trường Đại học ban hành kèm theo quyết định số 58/2010/QĐ-TTg ngày 22 tháng 9 năm 2010 của Thủ tướng Chính phủ;

Căn cứ thông tư số 10/2009/TT-BGDĐT ngày 07/5/2009 của Bộ Giáo dục và Đào tạo về việc Ban hành Quy chế đào tạo trình độ tiến sĩ;

Căn cứ thông tư số 05/2012/TT-BGDĐT ngày 15/02/2012 của Bộ Giáo dục và Đào tạo về việc sửa đổi, bổ sung một số điều của Quy chế đào tạo trình độ tiến sĩ ban hành kèm theo Thông tư số 10/2009/TT-BGDĐT ngày 07/5/2009 của Bộ trưởng Bộ Giáo dục và Đào tạo;

Xét nhu cầu công tác và khả năng cán bộ;

Xét đề nghị của Trưởng phòng Đào tạo,

QUYẾT ĐỊNH

Điều 1: Đổi tên đề tài luận án tiến sĩ và người hướng dẫn cho:

Nghiên cứu sinh : **Lê Quang Trung**

Ngành : Kỹ thuật điện

Khoá: 2012 – 2015

Tên luận án mới : **Nghiên cứu và đề xuất giải pháp bảo vệ chống sét cho công trình điển hình ở Việt Nam**


Người HD thứ nhất (HD chính): **PGS.TS Quyền Huy Ánh**

Người HD thứ hai : **TS. Vũ Phan Tú**

Thời gian thực hiện : **01/10/2012 đến 01/10/2015**

Điều 2: Giao cho Phòng Đào tạo quản lý, thực hiện theo đúng Quy chế đào tạo trình độ tiến sĩ của Bộ Giáo dục & Đào tạo đã ban hành.

Điều 3: - Trưởng các đơn vị và các Ông (Bà) có tên ở điều 1 chịu trách nhiệm thi hành quyết định này.

- Quyết định có hiệu lực kể từ ngày ký. 

Nơi nhận :

- BGH (để biết);
- Như điều 2, 3;
- Lưu:VT P.ĐT.



LÝ LỊCH CÁ NHÂN

THÔNG TIN CÁ NHÂN

Họ và tên: **LÊ QUANG TRUNG** Phái: Nam
Ngày/tháng/năm sinh: 19/03/1976 Tại: Quảng Trị

I. QUÁ TRÌNH ĐÀO TẠO

- Từ 1998 - 2001: Sinh viên ngành Điện khí hóa-cung cấp điện, Đại học sư phạm kỹ thuật TPHCM.
- Từ 2008 - 2010: Học viên cao học ngành Thiết bị Mạng và Nhà máy điện, trường Đại học Sư Phạm Kỹ Thuật TP.Hồ Chí Minh.

QUÁ TRÌNH CÔNG TÁC

- Từ 2001 – 2004: Cán bộ kỹ thuật công ty LILAMA45-1 - Tp.HCM
- Từ 2004 - Nay: Giảng viên trường Cao đẳng công nghệ quốc tế LILAMA2

Tp. HCM, ngày 18 tháng 8 năm 2018

Lê Quang Trung

CẢM ƠN

Sau một thời gian nghiên cứu và hoàn thành luận án, tôi vô cùng cảm ơn những đóng góp từ gia đình, thầy cô, đồng nghiệp và bạn bè đã giúp tôi hoàn thành tốt luận án của mình.

Tôi xin chân thành cảm ơn giảng viên hướng dẫn PGS. TS. Quyền Huy Ánh và PGS. TS. Vũ Phan Tú đã tận tình hướng dẫn tôi hoàn thành luận án.

Tôi chân thành cảm ơn vợ Nguyễn Thị Hồng Yến đã hỗ trợ tôi về tinh thần, lo toan công việc gia đình, động viên để tôi yên tâm tập trung vào công việc của cơ quan cũng như thực hiện nghiên cứu hoàn thành luận án.

Tôi chân thành cảm ơn Thầy Nguyễn Minh Tâm trưởng khoa điện điện tử, các thầy cô trong khoa đã tạo điều kiện tốt để tôi có thể học tốt và nghiên cứu tốt.

LỜI CAM ĐOAN

Tôi cam đoan đây là công trình nghiên cứu của tôi.
Các số liệu, kết quả nêu trong Luận án là trung thực và chưa từng được ai công bố trong bất kỳ công trình nào khác.

Tp. Hồ Chí Minh, ngày 18 tháng 8 năm 2018

Người cam đoan

Lê Quang Trung

TÓM TẮT

Luận án đã nghiên cứu và giải quyết các vấn đề sau:

1. Đề xuất phương pháp cải tiến đánh giá rủi ro thiệt hại do sét gây ra, mức độ tính toán theo phương pháp này chi tiết hơn phương pháp đề xuất của tiêu chuẩn IEC 62305-2, trên cơ sở tham khảo các tiêu chuẩn liên quan khác như: NFC 17-102, AS/NZS 1768, BS EN 62305-2, NFPA 780, IEEE 1410, ITU-TK.39, TCVN 9385, TCVN 9888, và Quy chuẩn QCVN 32:2011/BTTTT. Công cụ tính toán rủi ro thiệt hại do sét LIRISAS được xây dựng có giao diện thân thiện, tạo tiện ích cho người sử dụng.

2. Nghiên cứu và xây dựng mô hình máy phát xung sét với 10 dạng xung khác nhau trong môi trường Matlab có độ chính xác cao so với các yêu cầu sai số về: biên độ, thời gian đầu sóng, thời gian đuôi sóng của tiêu chuẩn IEC 62475, và tiêu chuẩn IEEE Std C62.45.

3. Nghiên cứu và xây dựng mô hình chi tiết thiết bị triệt xung trên đường nguồn hạ áp trong môi trường Matlab, có xét đến các thông số như: Điện áp làm việc cực đại, dòng xung cực đại, sai số điện áp ngưỡng, nhiệt độ môi trường và số phần tử MOV mắc song song, với độ chính xác trong phạm vi cho phép (<10%).

4. Đề xuất giải pháp tổng thể bảo vệ chống sét lan truyền trên đường nguồn cho công trình viễn thông theo các bước: xác định rủi ro thiệt hại do sét bằng phương pháp giải tích và áp dụng phương pháp mô hình hóa mô phỏng để lựa chọn thông số và vị trí lắp đặt thiết bị bảo vệ chống sét lan truyền trên đường nguồn đáp ứng được yêu cầu kỹ thuật. Hiệu quả của giải pháp đề xuất được áp dụng cho công trình viễn thông điển hình tại huyện Long Thành, tỉnh Đồng Nai, Việt Nam.

Luận án cung cấp công cụ tính toán chi tiết rủi ro thiệt hại do sét cho các cá nhân, các công ty Tư vấn thiết kế, công ty Xây lắp điện,...và cũng có thể sử dụng làm tài liệu tham khảo cho các NCS, các học viên cao học Ngành Kỹ thuật điện khi nghiên cứu các bài toán, và các giải pháp bảo vệ chống sét cho các công trình điển hình tại Việt Nam.

ABSTRACT

The thesis has studied and solved the following issues:

1. Proposed the improved method for the risk assessment of the damage due to lightning, of which the method of calculation is more detailed than the proposed method of IEC 62305-2 standard, based on reference to the related standards such as NFC 17-102, AS /NZS 1768, BS EN 62305-2, NFPA 780, IEEE 1410, ITU-TK.39, TCVN 9385, TCVN 9888, and QCVN 32: 2011 / BTTTT. The lightning risk calculator tool LIRISAS is built with user-friendly interface.

2. Researched and developed the lightning impulse generator model with 10 different impulses in Matlab environment which has high accuracy compared with the requirements of tolerance, amplitude, front time, tail time of IEC 62475, and IEEE Std C62.45.

3. Researched and developed a detailed model of surge protective device on the low voltage power line in the Matlab environment, taking parameters into account such as maximum operating voltage, maximum impulse current, temperature and the number of MOV in parallel, with accuracy within the allowed range (<10%).

4. Proposed a total solution for protection against surge on the power line for telecommunication sites in the following steps: Determining the risk of damage due to lightning by analytical methods and applying simulation modeling to select parameters and installation location of lightning protective devices on the power line to meet the technical requirements. The effectiveness of the proposed solution is applied to the typical telecommunication in Long Thanh District, Dong Nai Province, Vietnam.

The thesis provides a tool for calculating the risk of damage due to lightning to support for individuals, design consultancy companies, electricity construction companies, etc., and can be used as a reference for PhD students, graduate students in electrical engineering when studying the problems and lightning protection solutions for typical structures in Vietnam.

MỤC LỤC

	Trang
Trang tựa	
Quyết định giao đề tài	i
Lý lịch cá nhân	ii
Cảm tạ	iii
Abstract	iv
Tóm tắt	v
Danh sách chữ viết tắt	
Danh sách hình	
Danh sách bảng	
Thuật ngữ	
Chương 1: Mở đầu	1
1.1. Lý do chọn đề tài	1
1.1.1 Giải pháp bảo vệ chống sét	1
1.1.2 Đánh giá hiệu quả của giải pháp bảo vệ chống sét	2
1.2 Mục đích nghiên cứu	2
1.3 Nhiệm vụ nghiên cứu	2
1.4 Phạm vi nghiên cứu	3
1.5 Phương pháp nghiên cứu	3
1.6 Điểm mới của luận án	3
1.7 Bố cục luận án	3
Chương 2: Tổng quan vấn đề nghiên cứu	4
2.1 Quy trình xây dựng dự án phòng chống sét hiệu quả	4
2.2 Đánh giá rủi ro thiệt hại do sét	4
2.2.1 Các công trình nghiên cứu nước ngoài về đánh giá rủi ro thiệt hại do sét gây ra đối với công trình xây dựng	5
2.2.1.1. Các tiêu chuẩn đánh giá rủi ro do sét cho công trình xây dựng	5
2.2.1.2. Các công trình nghiên cứu áp dụng đánh giá rủi ro để bảo vệ chống sét	5
2.2.2. Các công trình nghiên cứu nước ngoài về đánh giá rủi ro thiệt hại do sét gây ra đối với công trình trạm viễn thông	7
2.2.2.1. Các tiêu chuẩn đánh giá rủi ro do sét cho công trình viễn thông	7
2.2.2.2. Các nghiên cứu đánh giá rủi ro do sét cho công trình viễn thông	7
2.2.3. Các công trình nghiên cứu trong nước về đánh giá rủi ro thiệt hại do sét gây ra đối với công trình xây dựng và trạm viễn thông	7
2.2.4. Kết luận	8
2.3. Mô hình hóa và mô phỏng để đánh giá hiệu quả bảo vệ của thiết bị chống sét trên đường nguồn hạ áp	8
2.3.1. Mô hình máy phát xung sét tiêu chuẩn	8
2.3.1.1. Các xung sét tiêu chuẩn	8
2.3.1.2. Các công trình nghiên cứu mô hình máy phát xung sét	9
2.3.1.3. Kết luận	10
2.3.2. Mô hình thiết bị triệt xung quá áp do sét và các yếu tố ảnh hưởng đến hiệu quả bảo vệ chống sét	11
2.3.2.1. Mô hình thiết bị triệt xung quá áp do sét	11

2.3.2.2. Các yếu tố ảnh hưởng đến hiệu quả bảo vệ chống sét	12
2.3.2.3. Kết luận	13
2.4. Các nghiên cứu về giải pháp chống sét tại Việt Nam	13
2.4.1. Bảo vệ chống sét đánh trực tiếp	13
2.4.2. Bảo vệ chống sét lan truyền trên đường nguồn	13
Chương 3: Phương pháp cải tiến đánh giá rủi ro thiệt hại do sét	15
3.1. Tổng quan các phương pháp đánh giá rủi ro thiệt hại do sét	15
3.1.1. Đánh giá rủi ro thiệt hại do sét theo tiêu chuẩn IEC 62305-2/BS EN 62305-2	15
3.1.1.1. Phạm vi áp dụng	15
3.1.1.2. Những thiệt hại, tổn thất do sét	15
3.1.1.3. Rủi ro và những thành phần rủi ro	15
3.1.1.4. Tổng hợp những thành phần rủi ro	16
3.1.1.5. Đánh giá rủi ro	16
3.1.1.6. Xác định những thành phần rủi ro	17
3.1.1.7. Xác định hệ số tổn thất L_x	18
3.1.2. Đánh giá rủi ro thiệt hại do sét theo tiêu chuẩn AS/NZS 1768	19
3.1.2.1. Phạm vi	19
3.1.2.2. Các dạng rủi ro do sét	19
3.1.2.3. Giá trị rủi ro chấp nhận được	19
3.1.2.4. Thiệt hại do sét	19
3.1.2.5. Rủi ro do sét	20
3.1.2.6. Phương pháp đánh giá, quản lý rủi ro	23
3.1.3. Đánh giá rủi ro thiệt hại do sét theo tiêu chuẩn NFPA-780	25
3.1.3.1. Phạm vi	25
3.1.3.2. Mục đích	25
3.1.3.3. Đánh giá rủi ro do sét gây ra	25
3.1.4. Đánh giá rủi ro thiệt hại do sét cho trạm viễn thông theo ITU-T K.39	26
3.1.4.1. Tổng quát	26
3.1.4.2. Xác định những vùng rủi ro	27
3.1.4.3. Xác định xác suất thiệt hại p	27
3.1.4.4. Xác định tần suất thiệt hại F	28
3.1.4.5. Trọng số tổn thất δ	28
3.1.4.6. Tính toán rủi ro R	28
3.1.5. Đánh giá rủi ro thiệt hại do sét cho trạm viễn thông theo QCVN 32:2011/BTTTT	28
3.1.5.1. Những thiệt hại do sét đối với trạm viễn thông	28
3.1.5.2. Đánh giá rủi ro	28
3.1.5.3. Giá trị rủi ro cho phép R_t đối với trạm viễn thông	30
3.1.6. Hệ số che chắn và số lần sét đánh vào đường dây trên không theo tiêu chuẩn IEEE 1410	30
3.2. Phương pháp cải tiến đánh giá rủi ro thiệt hại do sét	31
3.2.1. Đặt vấn đề cải tiến	31
3.2.2. Các hệ số cải tiến	31

3.2.2.1. Hệ số xác suất gây phóng điện nguy hiểm phụ thuộc dạng vật liệu xây dựng khi tính xác suất P_A cho thành phần rủi ro R_A	31
3.2.2.2. Hệ số xác suất gây phóng điện nguy hiểm phụ thuộc dạng vật liệu xây dựng và xác suất dây dẫn bên ngoài mang xung sét vào công trình khi tính xác suất P_B cho thành phần rủi ro R_B	32
3.2.2.3. Tính xác suất sét đánh trực tiếp vào công trình gây hư hỏng thiệt hại cho hệ thống bên trong P_C cho rủi ro thành phần R_C theo tiêu chuẩn AS/NZS 1768	33
3.2.2.4. Hệ số che chắn khi tính số lần sét đánh trực tiếp và gián tiếp vào đường dây dịch vụ kết nối đến công trình	33
3.2.2.5. Số lượng đường dây dịch vụ khi tính những hệ số xác suất liên quan đến sét đánh trực tiếp và gián tiếp vào đường dây dịch vụ kết nối đến công trình	34
3.2.2.6. Bảng liệt kê các hệ số cải tiến	37
3.2.3. Lưu đồ đánh giá rủi ro	39
3.2.4. Tính toán rủi ro thiệt hại do sét cho công trình mẫu	39
3.2.4.1. Thông số, đặc điểm của công trình và môi trường xung quanh	40
3.2.4.2. Thông số, đặc điểm của đường dây điện cấp nguồn	41
3.2.4.3. Thông số, đặc điểm đường dây viễn thông	41
3.2.4.4. Kết quả tính toán đánh giá rủi ro	42
3.2.5. Phần mềm đánh giá rủi ro thiệt hại do sét	42
3.3. Kết luận	43
Chương 4: Mô hình cải tiến máy phát xung sét và thiết bị triệt xung trên đường nguồn hạ áp	44
4.1. Mô hình máy phát xung sét	44
4.1.1. Đặt vấn đề cải tiến	44
4.1.2. Mô hình toán	44
4.1.2.1. Mô hình hàm toán của Heidler	44
4.1.2.2. Xác định thông số cho phương trình Heidler	44
4.1.2.3. Hiệu chỉnh thông số	46
4.1.3. Máy phát xung sét cải tiến trong môi trường Matlab	48
4.1.4. Đánh giá mô hình	49
4.1.4.1. Mô phỏng các dạng xung dòng	49
4.1.4.2. Mô phỏng các dạng xung áp	50
4.2. Mô hình thiết bị triệt xung hạ áp	51
4.2.1. Đặt vấn đề cải tiến	51
4.2.2. Xây dựng mô hình thiết bị triệt xung hạ áp cải tiến trên Matlab	51
4.2.2.1. Mô hình điện trở phi tuyến trên Matlab	51
4.2.2.2. Ảnh hưởng của nhiệt độ lên đặc tuyến V-I	52
4.2.2.3. Mô hình thiết bị triệt xung MOV đa khối	52
4.2.2.4. Mô hình thiết bị triệt xung MOV hạ áp cải tiến trên Matlab	52
4.2.2.5. Đánh giá mô hình thiết bị triệt xung với xung dòng 8/20 μ s	54
4.2.2.6. Mô phỏng số phần tử MOV trong thiết bị triệt xung hạ áp	56
4.2.2.7. Kiểm tra đáp ứng thiết bị triệt xung hạ áp của các hãng	56
Chương 5: Giải pháp lựa chọn thiết bị bảo vệ chống sét lan truyền trên	58

đường nguồn cho công trình điện hình	
5.1. Tổng quan	58
5.2. quy trình tính toán và lựa chọn thiết bị bảo vệ chống sét lan truyền trên đường nguồn	58
5.2.1. Quy trình đánh giá rủi ro cho công trình điện hình	58
5.2.2. Quy trình lựa chọn và kiểm tra khả năng bảo vệ của thiết bị bảo vệ chống sét lan truyền	59
5.3. Tính toán cho công trình điện hình	60
5.3.1. Đặc điểm công trình điện hình	60
5.3.2. Đánh giá rủi ro thiệt hại do sét cho trạm viễn thông	60
5.3.3. Lựa chọn và kiểm tra khả năng bảo vệ của thiết bị bảo vệ chống sét lan truyền trên đường nguồn	63
5.4. Kết Luận	66
Chương 6	68
Kết Luận	68
6.1 Kết quả nghiên cứu	68
6.2 Hướng phát triển của đề tài	68
Tài liệu tham khảo	69
Các công trình đã công bố	72

DANH SÁCH CÁC CHỮ VIẾT TẮT

IOT	Internet of thing
AC	Alternating Current
DC	Direct Current
PVPGS	Photovoltaic power generating system
SPD	Surge protective device
IEC	International Electrotechnical Commission
ITU	International Telecommunication Union
TCVN	Tiêu chuẩn Việt Nam
QCVN	Quy chuẩn Việt Nam
GSM-R	Global System for Mobile Communications – Railway
BTTTT	Bộ Thông Tin và Truyền Thông
MOV	Metal Oxide Varistor
MLV	Multilayer Varistor
SAD	Silicon Avalanche Diode
TDS	Transient Discriminating Suppressor
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
AS/NZS	Australian/New Zealand Standard
NFPA	National Fire Protection Association
RMS	Root mean square
LPS	Lightning Protection System
SPM	Surge Protection Measures

DANH MỤC KÝ HIỆU

R	Giá trị rủi ro tổng được tính toán cụ thể cho công trình.
R ₁	Giá trị rủi ro thiệt hại về sự sống con người.
R ₂	Rủi ro thiệt hại về dịch vụ công cộng.
R ₃	Rủi ro thiệt hại về giá trị di sản văn hóa.
R ₄	Rủi ro thiệt hại về giá trị kinh tế.
R _d	Thành phần rủi ro do sét đánh trực tiếp vào công trình và những đường dây dịch vụ kết nối đến công trình.
R _i	Thành phần rủi ro do sét đánh gần công trình và những đường dây dịch vụ kết nối đến công trình.
R _T	Giá Trị rủi ro cho phép theo tiêu chuẩn.
T ₁	Thời gian đầu sóng.
T ₂	Thời gian toàn sóng
O ₁	Điểm gốc giả định.
D1	Thiệt hại liên quan đến tổn thương về con người hay động vật do điện giật.
D2	Thiệt hại về vật chất.
D3	Thiệt hại hay sự cố những hệ thống điện, điện tử bên trong công trình.
L1	Tổn thất về cuộc sống con người.
L2	Tổn thất những dịch vụ công cộng
L3	Tổn thất về di sản văn hóa
L4	Tổn thất về giá trị kinh tế
S1	Nguồn thiệt hại do sét đánh trực tiếp vào công trình
S2	Nguồn thiệt hại do sét đánh gần công trình
S3	Nguồn thiệt hại do sét đánh trực tiếp vào những đường dây dịch vụ kết nối đến công trình
S4	Nguồn thiệt hại do sét đánh gần những đường dây dịch vụ kết nối đến công trình
R _A	Thành phần rủi ro do sét đánh trực tiếp vào công trình, gây tổn thương đến sự sống do điện giật.
R _B	Thành phần rủi ro do sét đánh trực tiếp vào công trình, gây ra cháy nổ gây thiệt hại về vật chất và có thể gây nguy hiểm cho môi trường xung quanh.
R _C	Thành phần rủi ro do sét đánh trực tiếp vào công trình, trường điện từ gây sự cố cho hệ thống điện, điện tử.
R _M	Thành phần rủi ro do sét đánh gần công trình, trường điện từ gây sự cố cho hệ thống bên trong công trình.
R _U	Thành phần rủi ro do sét đánh trực tiếp vào những đường dây dịch vụ kết nối đến công trình, điện áp tiếp xúc và điện áp bước bên trong công trình gây tổn thương về sự sống do điện giật.
R _V	Thành phần rủi ro do sét đánh trực tiếp vào những đường dây dịch vụ kết nối đến công trình, gây thiệt hại về vật chất.
R _W	Thành phần rủi ro do sét đánh trực tiếp vào những đường dây dịch vụ kết nối đến công trình, gây sự cố những hệ thống bên trong công trình.
R _Z	Thành phần rủi ro do sét đánh gần những đường dây dịch vụ kết nối với công trình, gây sự cố những hệ thống bên trong công trình
N _D	Số lần sét đánh trực tiếp gây ra những sự cố nguy hiểm cho công trình

N_G	mật độ sét (lần/km ² /năm).
A_D	Vùng tập trung tương đương của công trình
C_D	Hệ số vị trí của công trình
L	Chiều dài cấu trúc cần đánh giá rủi ro do sét
W	Chiều rộng cấu trúc cần đánh giá rủi ro do sét
H	Chiều cao cấu trúc cần đánh giá rủi ro do sét
P_{TA}	Hệ số xác suất phụ thuộc vào biện pháp bảo vệ bổ sung chống điện áp tiếp xúc và điện áp bước
p_B	Hệ số xác suất phụ thuộc mức độ của hệ thống bảo vệ chống sét LPL
P_C	Hệ số xác suất do sét đánh vào công trình sẽ gây ra sự cố cho những hệ thống bên trong
P_{SPD}	Phụ thuộc vào sự phối hợp các thiết bị bảo vệ sung và mức độ của hệ thống bảo vệ chống sét LPL
C_{LD}	Hệ số phụ thuộc vào biện pháp bảo vệ, nối đất và điều kiện cách ly của đường dây kết nối đến hệ thống bên trong cấu trúc
A_M	Vùng tập trung tương đương sét đánh gần công trình
P_M	Hệ số xác suất do sự cố những hệ thống bên trong
P_{MS}	Hệ số suy giảm cho xác suất P_M phụ thuộc vào che chắn, cách đi dây, và khả năng chịu sung của thiết bị
K_{S1}	Hệ số xét đến hiệu quả che chắn cho công trình của hệ thống bảo vệ chống sét hoặc các biện pháp bảo vệ tại biên của vùng bảo vệ chống sét
K_{S2}	Hệ số xét đến hiệu quả che chắn cho công trình của hệ thống bảo vệ chống sét hoặc các biện pháp bảo vệ tại biên của vùng bảo vệ chống sét
K_{S3}	Hệ số xét đến đặc tính quyết định bởi cách đi dây bên trong; K_{S4} xét đến điện áp chịu sung của thiết bị bảo vệ.
N_L	Số lần sét đánh trực tiếp vào đường dây dịch vụ.
A_L	Vùng tập trung tương đương do sét đánh trực tiếp vào đường dây
C_1	Hệ số lắp đặt đường dây
C_T	Hệ số về loại đường dây
C_E	Hệ số môi trường xung quanh
L_L	Chiều dài của đường dây tính từ nút sau cùng
P_U	Giá trị xác suất phụ thuộc vào đặt điểm hay những biện pháp bảo vệ của đường dây, giá trị điện áp chịu xung của thiết bị bên trong mà đường dây kết nối vào.
P_{TU}	Giá trị xác suất phụ thuộc vào những biện pháp bảo vệ chống lại điện áp tiếp xúc như những thiết bị bảo vệ hay những cảnh báo nguy hiểm
P_{EB}	Giá trị xác suất phụ thuộc vào những liên kết đẳng thế và cấp độ bảo vệ chống sét cùng với những SPD được thiết kế
P_{LD}	Giá trị xác suất xảy ra sự cố hệ thống bên trong do sét đánh vào đường dây và phụ thuộc vào đặc điểm đường dây
C_{LD}	Hệ số phụ thuộc vào biện pháp bảo vệ đường dây, nối đất và điều kiện cách ly của đường dây
P_V	Giá trị xác suất do sét đánh vào đường dây dịch vụ đi vào công trình gây thiệt hại vật chất.

P_W	Giá trị xác suất do sét đánh vào đường dây dịch vụ đi vào công trình gây ra sự cố cho những hệ thống bên trong.
N_I	Số lần sét đánh gián tiếp vào đường dây dịch vụ.
A_I	Vùng tập trung tương đương cho đường dây khi sét đánh xuống đất gần đường dây.
P_Z	Xác suất do sét đánh gần những đường dây dịch vụ đi vào công trình gây ra sự cố cho những hệ thống bên trong.
P_{LI}	Giá trị xác suất do sét đánh gần những đường dây dịch vụ đi vào công trình gây ra những sự cố bên trong.
L_T	Giá trị trung bình tiêu biểu liên quan đến số lượng nạn nhân bị điện giật (D1) do một sự kiện nguy hiểm gây ra
L_F	Giá trị trung bình tiêu biểu liên quan đến số lượng nạn nhân gây ra bởi thiệt hại vật chất (D2) do một sự kiện nguy hiểm gây ra
L_O	Giá trị trung bình tiêu biểu liên quan đến số lượng nạn nhân gây ra bởi sự cố hệ thống bên trong (D3) do một sự kiện nguy hiểm gây ra
r_f	Hệ số suy giảm tổn thất về con người phụ thuộc vào loại đất hay vật liệu sàn của công trình
r_p	Hệ số suy giảm tổn thất do thiệt hại về vật chất phụ thuộc vào những biện pháp được trang bị để làm giảm hậu quả thiệt hại do sét
h_z	Hệ số gia tăng tổn thất do thiệt hại vật chất khi có sự hiện diện của những mối nguy hiểm đặc biệt
n_z	Số lượng người có mặt trong vùng trong công trình đang được xem xét
n_t	tổng số người có mặt trong công trình
t_z	Thời gian tính bằng giờ trên năm cho những người có mặt trong vùng đang được xem xét
L_{FE}	Tổn thất do thiệt hại vật chất bên ngoài công trình; t_e là thời gian có mặt của con người trong vùng bị nguy hiểm bên ngoài công trình
R_a	Giá trị rủi ro cho phép theo tiêu chuẩn AS/NZS 1768
R_h	Thành phần rủi ro do điện áp tiếp xúc và điện áp bước bên ngoài công trình, gây ra điện giật ảnh hưởng đến sự sống (D1).
R_s	Thành phần rủi ro do những ảnh hưởng cơ học hay nhiệt do dòng sét tạo ra hay những nguy hiểm bởi sự phóng điện sét gây ra cháy, nổ hay những ảnh hưởng cơ, hóa xảy ra bên trong công trình (D2)
R_w	Thành phần rủi ro do quá áp cho các thiết bị lắp đặt bên trong hay những đường dây dịch vụ kết nối công trình gây ra lỗi trong các hệ thống điện, điện tử (D3)
R_m	Thành phần rủi ro do quá áp của các hệ thống bên trong và các thiết bị (cảm ứng do trường điện từ kết hợp với dòng sét) gây ra những sự cố trong hệ thống điện, điện tử (D3)
R_g	Thành phần rủi ro R_g do điện áp tiếp xúc truyền qua các đường dây dịch vụ gây ra điện giật ảnh hưởng đến sự sống con người bên trong công trình (D1)
R_c	Thành phần rủi ro R_c do ảnh hưởng cơ học hay nhiệt bao gồm những nguy hiểm do phóng điện giữa các thiết bị hay các bộ phận lắp đặt bên trong công trình và những thành phần bằng kim loại (tạo ra ở những điểm ngo

	vào của những đường dây đi vào công trình) gây ra cháy, nổ, những ảnh hưởng cơ, hóa bên trong công trình (D2)
R_e	Thành phần rủi ro do quá áp truyền qua đường dây dịch vụ đi vào công trình, gây ra lỗi cho hệ thống điện, điện tử bên trong (D3)
E	Là hệ số hiệu quả của hệ thống bảo vệ chống sét trong công trình
P_h	Là hệ số xác suất sét gây ra điện áp tiếp xúc hay điện áp bước nguy hiểm bên ngoài công trình
p_s	Là hệ số xác suất gây ra phóng điện nguy hiểm phụ thuộc dạng công trình
N_d	Là số lần trung bình sét đánh trực tiếp gây ra những sự cố nguy hiểm cho công trình
δ_f	Hệ số thiệt hại do cháy
k_h	Hệ số gia tăng thiệt hại áp dụng do cháy nổ và quá áp
k_f	Hệ số suy giảm cho biện pháp bảo vệ phòng cháy chữa cháy
p_s	Xác suất gây ra phóng điện nguy hiểm phụ thuộc dạng công trình
p_f	Xác suất sét gây ra phóng điện nguy hiểm dẫn đến cháy nổ
k_5	Hệ số suy giảm cho thiết bị bảo vệ xung ở đầu vào những đường dây dịch vụ
P_{e0}	Xác suất gây ra phóng điện nguy hiểm phụ thuộc biện pháp bảo vệ bên ngoài đường dây cấp nguồn
P_{e1}	Xác suất gây ra phóng điện nguy hiểm phụ thuộc biện pháp bảo vệ bên ngoài đường dây trên không kết nối công trình
P_{e2}	Xác suất gây ra phóng điện nguy hiểm phụ thuộc biện pháp bảo vệ bên ngoài đường dây ngầm kết nối công trình
p_i	Xác suất phóng điện nguy hiểm phụ thuộc dạng bảo vệ đường dây bên trong
k_2	Hệ số suy giảm phụ thuộc biện pháp cách ly các thiết bị bên trong
k_3	Hệ số suy giảm khi có lắp đặt các thiết bị bảo vệ xung ở ngõ vào các thiết bị được cho trong
k_4	Hệ số suy giảm cho sự cách ly thiết bị ở đầu vào những đường dây dịch vụ
k_5	Hệ số suy giảm cho thiết bị bảo vệ xung ở đầu vào những đường dây dịch vụ
k_w	Hệ số hiệu chỉnh liên quan đến điện áp chịu xung của thiết bị
δ_o	Hệ số thiệt hại do quá áp; k_h là hệ số gia tăng thiệt hại do cháy nổ và quá áp
C_{t0}	Hệ số hiệu chỉnh khi có sử dụng máy biến áp đối với cáp nguồn
C_{t1}	Hệ số hiệu chỉnh khi có sử dụng máy biến áp đối với những đường dây trên không khác
C_s	Hệ số mật độ dây dẫn; L_{c1} là chiều dài đường dây dịch vụ trên không
L_{c2}	Chiều dài đường dây dịch vụ đi ngầm
ρ_2	Điện trở suất đất khu vực
H_{c1}	Độ cao đường dây dịch vụ trên không
n_{ugp}	Số lượng đường dây điện đi ngầm kết nối đến công trình
n_{oh}	Số lượng đường dây trên không khác kết nối đến công trình
P_{e0}	Xác suất gây ra phóng điện nguy hiểm phụ thuộc biện pháp bảo vệ bên ngoài đường dây cấp nguồn ngầm

P_{e1}	Xác suất gây ra phóng điện nguy hiểm phụ thuộc biện pháp bảo vệ bên ngoài những đường dây trên không
P_{e2}	Xác suất gây ra phóng điện nguy hiểm phụ thuộc biện pháp bảo vệ bên ngoài những đường dây dịch vụ đi ngầm
P_g	Xác suất sét gây ra điện áp tiếp xúc hay điện áp bước nguy hiểm bên trong công trình
δ_g	Hệ số thiệt hại do điện áp tiếp xúc và điện áp bước bên trong công trình.
k_f	hệ số suy giảm cho biện pháp bảo vệ phòng cháy chữa cháy
p_f	Xác suất sét gây ra phóng điện nguy hiểm dẫn đến cháy nổ
N_{c1p}	Số lần trung bình sét đánh trực tiếp vào đường dây điện trên không
N_{c2p}	Số lần trung bình sét đánh trực tiếp vào đường dây điện đi ngầm
N_{c1}	Số lần trung bình sét đánh trực tiếp vào đường dây dịch vụ trên không
N_{c2}	Số lần trung bình sét đánh trực tiếp vào những đường dây dịch vụ đi ngầm khác
P_{c1p}	Là xác suất sét đánh trực tiếp vào đường dây điện trên không gây ra thiệt hại do quá áp tới hệ thống bên trong
P_{c1}	Xác suất sét đánh trực tiếp vào đường dây dịch vụ trên không gây ra thiệt hại do quá áp tới hệ thống bên trong
P_{c2p}	Xác suất sét đánh trực tiếp vào đường dây điện đi ngầm gây ra thiệt hại do quá áp tới hệ thống bên trong
P_{c2}	Chiều dài đường dây dịch vụ đi ngầm xác suất sét đánh trực tiếp vào đường dây dịch vụ đi ngầm gây ra thiệt hại do quá áp tới hệ thống bên trong
δ_o	hệ số thiệt hại do quá áp
k_h	hệ số thiệt hại gia tăng do cháy nổ và quá áp
A_e	Vùng tập trung tương đương của công trình
C_1	Hệ số môi trường được xác định
N_c	Tần số sét đánh chấp nhận được
C_2	Hệ số liên quan đến vật liệu xây dựng công trình
C_3	Hệ số liên quan đến giá trị công trình và mức độ xảy ra cháy nổ
C_4	Hệ số liên quan đến số người bên trong công trình
C_5	Hệ số liên quan đến hậu quả thiệt hại do sét gây ra
N_d	So sánh tần số sét đánh dự kiến
A_a	Diện tích rủi ro hình thành do sét đánh trực tiếp vào cột anten, là diện tích hình tròn có bán kính $3h_{anten}$
h_{anten}	Chiều cao tháp anten
A_s	Diện tích rủi ro sét lan truyền trên đường dây cáp nguồn và cáp thông tin tới thiết bị
L	Chiều dài đường dây dịch vụ
d_1	khoảng cách từ đường dây mà sét đánh xuống đất có thể gây ra sét lan truyền trên đường dây
F	Tần suất thiệt hại do sét gây ra
F_d	Tần suất thiệt hại do sét đánh trực tiếp vào nhà trạm
F_a	Tần suất thiệt hại do sét đánh trực tiếp vào cột anten
F_n	Tần suất thiệt hại do sét đánh xuống đất khu vực xung quanh nhà trạm

F_s	Tần suất thiệt hại do sét đánh xuống đất gần những đường dây dịch vụ gây ra sét Lan truyền trên đường dây
F_{direct}	Tần suất thiệt hại do sét đánh trực tiếp
F_{indirect}	Tần suất thiệt hại do sét đánh gián tiếp
δ	Trọng số tổn thất
δ_{injury}	Trọng số tổn thất rủi ro tổn thương về con người
δ_{loss}	Trọng số tổn thất tổn thất dịch vụ
R_{injury}	Rủi ro tổn thất dịch vụ viễn thông
R_{loss}	Chiều dài đường dây dịch vụ đi ngầm
R_{damage}	Rủi ro thiệt hại vật chất
N	Là số lần sét đánh vào đường dây trên không
h	Chiều cao của dây dẫn trên đỉnh cột
b	b rộng của hai pha ngoài cùng
S_f	Hệ số che chắn
N_S	Số lần sét đánh vào đường dây phân phối trên không
C_f	Hệ số suy giảm số lần sét đánh do có vật thể che chắn gần đường dây
I_m	Giá trị dòng điện đỉnh
τ_1	Hằng số thời gian tăng của dòng điện và điện áp
τ_2	Hằng số thời gian suy giảm của dòng điện và điện áp
η	Hệ số hiệu chỉnh giá trị đỉnh của dòng điện và điện áp
t_{ds}	Thời gian tăng của dạng sóng dòng điện và điện áp sét được qui định theo tiêu chuẩn
t_s	Thời gian suy giảm của dạng sóng dòng điện và điện áp sét được qui định theo tiêu chuẩn
U_p	Điện áp bảo vệ
U_n	Điện áp định mức

DANH SÁCH CÁC HÌNH

Hình 2.1: Quy trình xây dựng dự án bảo vệ chống sét	4
Hình 2.2: Các dạng xung chuẩn	9
Hình 3.1: Những tổn thất, thiệt hại và những thành phần rủi ro	25
Hình 3.2: Các vùng rủi ro do sét gây ra cho trạm viễn thông	27
Hình 3.3: Hệ số che chắn bởi những đối tượng gần đường dây trên không	31
Hình 3.4: Che chắn đường dây trên không bởi các đối tượng gần đường dây	34
Hình 3.5: Lưu đồ đánh giá rủi ro	39
Hình 3.6: Công trình cần đánh giá rủi ro thiệt hại do sét	39
Hình 3.7: Giao diện chương trình tính toán đánh giá rủi ro thiệt hại do sét	42
LIRISAS	
Hình 4.1: Dạng sóng dòng điện sét	44
Hình 4.2: Lưu đồ hiệu chỉnh sai số	47
Hình 4.3: Sơ đồ khối mô hình máy phát xung cải tiến	48
Hình 4.4: Khai báo thông số trong thanh Parameters và chương trình truy xuất các thông số trong mục Initialization	49
Hình 4.5: Hộp thoại thông số đầu vào của mô hình máy phát xung sét	49
Hình 4.6: Mô hình máy phát xung dòng điện sét và mạch mô phỏng đánh giá mô hình máy phát xung dòng điện sét	49
Hình 4.8: Mạch mô phỏng đánh giá mô hình máy phát xung điện áp sét	50
Hình 4.10: Sơ đồ mô hình điện trở phi tuyến của $V = f(I)$ của MOV	51
Hình 4.11: Sơ đồ mạch tương đương khi gắn 2 MOV song song	52
Hình 4.12: Mô hình cải tiến MOV hạ áp	52
Hình 4.13: Biểu tượng thiết bị triệt xung MOV hạ áp	52
Hình 4.14: Hộp thoại khai báo biến và hộp thoại Initialization của mô hình MOV hạ áp	53
Hình 4.15: Hộp thoại thông số đầu vào của mô hình thiết bị triệt xung MOV hạ áp	54
Hình 4.16: Sơ đồ mô phỏng đáp ứng của thiết bị triệt xung hạ áp	54
Hình 4.23: Thiết bị triệt xung hạ áp MFV 20D511K	56
Hình 4.25: Kết nối thiết bị triệt xung hạ áp MFV 20D511K với hệ thống AXOS ⁸	57
Hình 5.1: Quy trình đánh giá rủi ro cho trạm viễn thông	59
Hình 5.2: Quy trình lựa chọn và kiểm tra khả năng bảo vệ của thiết bị bảo vệ chống sét lan truyền trên đường nguồn	59
Hình 5.3: Các dạng xung sét tiêu chuẩn	59
Hình 5.4: Giá trị quá áp chấp nhận được cho các thiết bị điện tử, máy tính	60
Hình 5.5: Sơ đồ mô phỏng mạng phân phối điện trên phần mềm Matlab	64

DANH SÁCH CÁC BẢNG

Bảng 3.1: Những nguồn thiệt hại, dạng thiệt hại và những dạng tổn thất theo vị trí sét đánh	15
Bảng 3.2: Những thành phần rủi ro tương ứng với mỗi dạng thiệt hại	16
Bảng 3.3: Giá trị rủi ro chấp nhận được	16
Bảng 3.4: Những thành phần rủi ro cho công trình theo những dạng thiệt hại và những nguồn thiệt hại khác nhau	18
Bảng 3.5: Dạng tổn thất L1: giá trị tổn thất cho mỗi vùng	18
Bảng 3.6 : Dạng tổn thất L2 - Giá trị tổn thất cho mỗi vùng	19
Bảng 3.7: Dạng thiệt hại L3 – giá trị tổn thất cho mỗi vùng	19
Bảng 3.8: Dạng thiệt hại L4 – giá trị tổn thất cho mỗi vùng	19
Bảng 3.9: Những giá trị rủi ro chấp nhận được (R_a) tiêu biểu	19
Bảng 3.10: Một số dạng thiệt hại khi sét đánh vào những công trình tiêu biểu	26
Bảng 3.11: Các giá trị rủi ro cho phép	28
Bảng 3.12: Giá trị rủi ro cho phép đối với nhà trạm viễn thông	30
Bảng 3.14: Liệt kê các hệ số cải tiến	37
Bảng 3.15: Thông số, đặc điểm của công trình và môi trường xung quanh	40
Bảng 3.16: Thông số, đặc điểm của đường dây điện cấp nguồn	41
Bảng 3.17: Thông số, đặc điểm các đường dây viễn thông	41
Bảng 3.18: Tổng hợp các kết quả đánh giá rủi ro	42
Bảng 4.1: Các giá trị thông số tính toán với các xung dòng điện sét chuẩn	46
Bảng 4.2: Kết quả sai số sau khi hiệu chỉnh	47
Bảng 4.3: Kết quả thông số các dạng xung dòng điện sét mô phỏng	50
Bảng 4.4: Kết quả thông số các dạng xung điện áp sét mô phỏng	50
Bảng 4.5: Thông số kỹ thuật thiết bị triệt xung hạ áp của hãng SIEMENS	54
Bảng 4.6: Kết quả so sánh khi mô phỏng thiết bị triệt xung hạ áp của hãng SIEMENS ở 28°C và 100°C	55
Bảng 4.7: Thông số kỹ thuật thiết bị triệt xung hạ áp của EPCOS	55
Bảng 4.8: Kết quả so sánh khi mô phỏng thiết bị triệt xung hạ áp EPCOS ở 28°C	56
Bảng 4.9: Kết quả so sánh khi phối hợp thiết bị triệt xung hạ áp với các dòng xung khác nhau	56
Bảng 4.10: Thông số kỹ thuật của thiết bị triệt xung hạ áp MFV 20D511K	57
Bảng 4.11: So sánh điện áp dư thực tế và mô hình	57
Bảng 5.1: Xung sét cực đại theo vùng bảo vệ và mật độ sét	60
Bảng 5.2: Những giá trị rủi ro thành phần cho rủi ro R_1	61
Bảng 5.3: Những giá trị rủi ro thành phần cho rủi ro R_2	61
Bảng 5.4: So sánh giá trị tính toán với các giá trị rủi ro cho phép	62
Bảng 5.5: Những giá trị rủi ro thành phần cho rủi ro R_1	62
Bảng 5.6: Những giá trị rủi ro thành phần cho rủi ro R_2	63
Bảng 5.7: So sánh giá trị tính toán với các giá trị rủi ro cho phép	63
Bảng 5.8: Giá trị mô phỏng điện áp dư qua các tải khi chưa lắp SPD	65
Bảng 5.9: Giá trị mô phỏng điện áp dư qua tải AC khi lắp SPD tại tủ phân	66

phối chính và tủ phân phối phụ

Bảng 5.10: Giá trị điện áp dư qua tải DC khi lắp SPD tại tủ phân phối chính 66

Chương 1

MỞ ĐẦU

1.1. Lý do chọn đề tài

1.1.1 Giải pháp bảo vệ chống sét

Khi sét đánh xuống bất cứ vị trí hay công trình nào có trang thiết bị điện điện tử, thiết bị viễn thông sử dụng bên trong đều gây ra những thiệt hại không thể lường trước được, những thiệt hại do sét gây ra gồm hai dạng:

- Thiệt hại do sét đánh trực tiếp: Khi sét đánh vào các kết cấu công trình, khu vực đồng trống gây hư hại tài sản, các thiết bị trong hệ thống điện điện tử bên trong công trình và đặc biệt trong đó còn có con người.

- Thiệt hại do sét lan truyền: Khi sét đánh gần công trình hay khi sét đánh trực tiếp hoặc gần những đường dây dịch vụ (các hệ thống dây dẫn điện chính, các đường dây thông tin liên lạc,...) kết nối đến công trình thì các thiết bị bên trong công trình sẽ bị thiệt hại do sét. Vì các hệ thống dây dẫn này được lắp đặt ngoài trời, do đó khả năng bị cảm ứng xung sét là rất lớn. Theo thống kê những thiệt hại do sét gây ra thì trong đó thiệt hại do sét lan truyền theo đường cấp nguồn và các đường dây thông tin liên lạc chiếm 70%.

Từ năm 1998 đến nay, cùng với việc nghiên cứu và đề ra các giải pháp chống sét đã được nhiều tổ chức, cơ quan quan tâm, cũng như sự ra đời của các công ty chống sét đã tạo điều kiện tiếp cận các công nghệ và thiết bị chống sét hiện đại, nhưng chống sét và giải pháp chống sét đưa ra chưa tối ưu về kinh tế đầu tư và đảm bảo yêu cầu kỹ thuật theo điều kiện thực tế. Các giải pháp chống sét chủ yếu dựa vào tiêu chuẩn chống sét và các tài liệu trong và ngoài nước bao gồm đánh giá rủi ro thiệt hại do sét, kinh nghiệm chống sét trong thực tế. Điều này, dẫn đến hai khả năng xảy ra: Thứ nhất là phương án thiết kế, lắp đặt các thiết bị bảo vệ chống sét vượt quá mức cần thiết so với yêu cầu, dẫn đến chi phí đầu tư cao không cần thiết; Thứ hai là phương án thiết kế và lắp đặt các thiết bị bảo vệ chống sét không đáp ứng được mức độ yêu cầu cần bảo vệ thì rủi ro thiệt hại do sét sẽ tăng cao gây thiệt hại về kinh tế.

1.1.2. Đánh giá hiệu quả của giải pháp bảo vệ chống sét

Hiện nay, đánh giá hiệu quả bảo vệ chống sét lan truyền chủ yếu dựa vào điện áp ngưỡng bảo vệ cho phép của thiết bị theo catalogue của nhà sản xuất. Trang thiết bị tại các phòng thí nghiệm ở Việt Nam để kiểm tra khả năng đáp ứng của thiết bị bảo vệ chống sét cũng đang gặp nhiều khó khăn và hạn chế. Vì vậy, việc sử dụng các công cụ phần mềm mô hình hóa mô phỏng các thiết bị chống sét, mô hình hóa mô phỏng máy phát xung sét có tính tương đồng so với nguyên mẫu có vai trò rất quan trọng.

1.2. Mục đích nghiên cứu

Xuất phát từ các vấn đề đặt ra, luận án chủ yếu giải quyết một số vấn đề liên quan đến lựa chọn giải pháp bảo vệ chống sét và đánh giá hiệu quả việc bảo vệ chống sét. Trong đó tập trung vào các nội dung sau:

- Phương pháp đánh giá rủi ro thiệt hại do sét gây ra;
- Xây dựng mô hình máy phát đa xung sét và mô hình thiết bị triệt xung hạ áp có độ chính xác cao so với nguyên mẫu.
- Đánh giá hiệu quả bảo vệ chống sét lan truyền trên đường nguồn hạ áp.

1.3. Nhiệm vụ nghiên cứu

- Nghiên cứu giải pháp bảo vệ chống sét đối với các công trình cao tầng;
- Nghiên cứu các tiêu chuẩn, tài liệu và các bài báo trong và ngoài nước về đánh giá rủi ro thiệt hại do sét gây ra;
- Nghiên cứu các tiêu chuẩn, tài liệu trong và ngoài nước về máy phát xung sét tiêu chuẩn, mô hình máy phát xung sét;
- Nghiên cứu các tài liệu liên quan đến các thiết bị chống sét lan truyền trên đường nguồn hạ áp, mô hình thiết bị chống sét lan truyền trên đường nguồn hạ áp.
- Giải pháp chống sét lan truyền trên đường nguồn hạ áp.

1.4. Phạm vi nghiên cứu

- Đánh giá rủi ro thiệt hại do sét đối với các công trình;
- Mô hình hóa và mô phỏng máy phát xung sét và thiết bị triệt xung trong mạng hạ áp;
- Giải pháp bảo vệ chống sét lan truyền trên đường nguồn hạ áp.

1.5. Phương pháp nghiên cứu

- Thu thập và nghiên cứu các tài liệu trong nước và nước ngoài;
- Phương pháp mô hình hóa mô phỏng máy phát xung sét, thiết bị triệt xung hạ áp trong môi trường Matlab;
- Phương pháp phân tích và tổng hợp.

1.6. Điểm mới của luận án

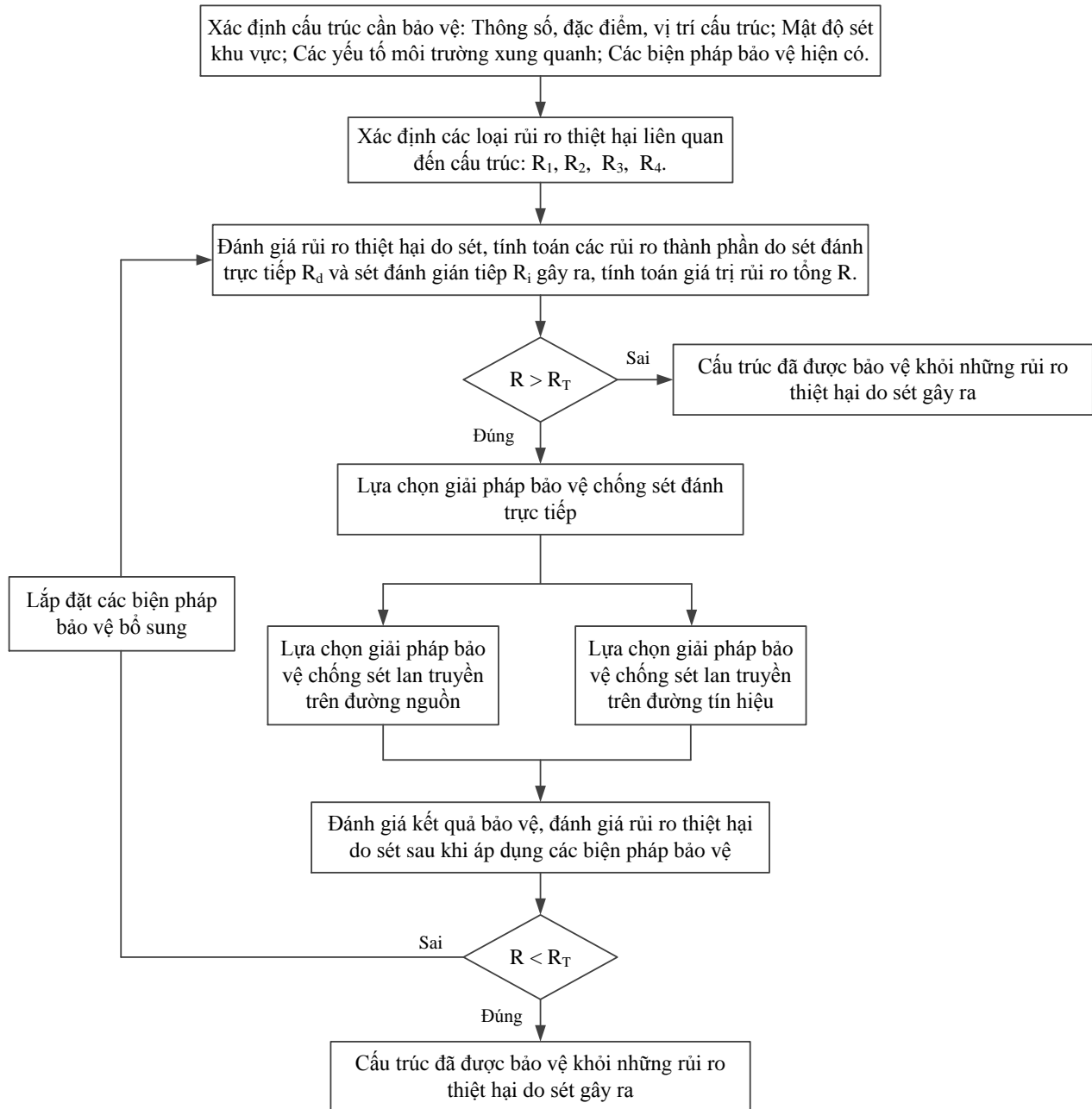
- Đề xuất phương pháp cải tiến đánh giá rủi ro thiệt hại do sét gây ra có mức độ chi tiết so với phương pháp đánh giá rủi ro đề xuất bởi tiêu chuẩn IEC 62305-2;
- Đề xuất mô hình cải tiến máy phát xung sét với nhiều dạng sóng khác nhau, mô hình thiết bị chống sét lan truyền trên đường nguồn hạ áp có mức độ tương đồng so với nguyên mẫu nhằm phục vụ mô phỏng để lựa chọn phương án và thiết bị bảo chống sét hiệu quả;
- Đề xuất qui trình đánh giá hiệu quả bảo vệ chống sét lan truyền trên đường nguồn hạ áp cho công trình từ bước xác định rủi ro thiệt hại do sét bằng phương pháp giải tích đến bước áp dụng phương pháp mô hình hóa mô phỏng để lựa chọn thông số và vị trí lắp đặt thiết bị bảo vệ chống sét lan truyền trên đường nguồn đáp ứng được yêu cầu kỹ thuật.

1.7 Bố cục luận án: Luận án gồm 5 chương:

- Chương 1: Mở đầu
- Chương 2: Tổng quan nghiên cứu
- Chương 3: Giải pháp cải tiến đánh giá rủi ro thiệt hại do sét
- Chương 4: Mô hình cải tiến máy phát xung sét và thiết bị triệt xung trên đường nguồn hạ áp
- Chương 5: Giải pháp lựa chọn thiết bị bảo vệ chống sét lan truyền trên đường nguồn hạ áp cho công trình điển hình

Chương 2 TỔNG QUAN VẤN ĐỀ NGHIÊN CỨU

2.1. Quy trình xây dựng dự án phòng chống sét hiệu quả



Hình 2.1: Quy trình xây dựng dự án bảo vệ chống sét

Trong đó: R_1 là rủi ro thiệt hại về sự sống con người, R_2 là rủi ro thiệt hại về dịch vụ công cộng, R_3 là rủi ro thiệt hại về giá trị di sản văn hóa, R_4 là rủi ro thiệt hại về giá trị kinh tế; R là giá trị rủi ro được tính toán cụ thể đối với công trình; R_T là giá trị rủi ro cho phép theo tiêu chuẩn.

Luận án chỉ tập trung nghiên cứu phân đánh giá rủi ro thiệt hại do sét gây ra và đề xuất phương án lắp đặt thiết bị bảo vệ chống sét lan truyền trên đường nguồn hạ áp.

2.2. Đánh giá rủi ro thiệt hại do sét

2.2.1. Các công trình nghiên cứu nước ngoài về đánh giá rủi ro thiệt hại do sét gây ra đối với công trình xây dựng

2.2.1.1. Các tiêu chuẩn đánh giá rủi ro do sét cho công trình xây dựng

Tiêu chuẩn IEC 62305-2 [1] đánh giá rủi ro thiệt hại do sét gây ra cho công trình xây dựng và các dịch vụ liên quan. Trong tính toán đánh giá rủi ro thiệt hại do sét chưa xét đến các yếu tố như: *Xác suất phóng điện nguy hiểm phụ thuộc vật liệu xây dựng công trình; số lượng những đường dây dịch vụ kết nối đến công trình; xác suất dây dẫn bên ngoài mang xung sét vào công trình; những yếu tố che chắn xung quanh những đường dây dịch vụ kết nối đến công trình.*

Tiêu chuẩn NFC 17-102 [2], đưa những quy định và yêu cầu bảo vệ chống sét cho các công trình công trình (tòa nhà) hay những khu vực mở (kho bãi, sân thể thao,...) bằng hệ thống phát xạ sớm. Quá trình tính toán đánh giá rủi ro chưa phân tích và xem xét đến các yếu tố: *Xác suất phóng điện nguy hiểm phụ thuộc vật liệu xây dựng công trình; số lượng những đường dây dịch vụ kết nối đến công trình; xác suất dây dẫn bên ngoài mang xung sét vào công trình và những yếu tố che chắn xung quanh những đường dây dịch vụ kết nối đến công trình.*

Tiêu chuẩn AS/NZS 1768 [3], tính toán đánh giá rủi ro thiệt hại do sét dựa trên các nguyên tắc về quản lý rủi ro trong IEC 62305-2 nhưng đã được đơn giản hóa bằng cách giảm số lượng các tham số liên quan nhưng có xét đến các yếu tố như: *Xác suất phóng điện nguy hiểm phụ thuộc vật liệu xây dựng công trình; số lượng những đường dây dịch vụ; xác suất dây dẫn bên ngoài mang xung sét vào công trình. Tuy nhiên, trong quá trình tính toán rủi ro thiệt hại do sét chưa xét đến yếu tố che chắn xung quanh những đường dây dịch vụ kết nối đến công trình.*

Tiêu chuẩn BS EN 62305-2 [4], Quy trình đánh giá rủi ro dựa trên dựa theo tiêu chuẩn [1]. Tuy nhiên, tiêu chuẩn *chưa phân tích và xem xét đến các yếu tố: Xác suất phóng điện nguy hiểm phụ thuộc vật liệu xây dựng công trình; số lượng những đường dây dịch vụ kết nối đến công trình; xác suất dây dẫn bên ngoài mang xung sét vào công trình; những yếu tố che chắn xung quanh những đường dây dịch vụ kết nối đến công trình.*

Tiêu chuẩn NFPA 780 [5], đưa ra những yêu cầu cho việc thiết kế, lắp đặt hệ thống bảo vệ chống sét cho những dạng công trình. Quy trình tính toán đánh giá rủi ro của tiêu chuẩn tương đối đơn giản, đánh giá rủi ro chỉ dựa trên cơ sở bảo vệ chống sét đánh trực tiếp cho công trình. Trong tính toán *chưa xét đến những yếu tố liên quan đến sét đánh gián tiếp và sét lan truyền trên những đường dây dịch vụ đi vào công trình...*

Tiêu chuẩn IEEE 1410 [6] phân tích các yếu tố ảnh hưởng gây ra các sự cố quá áp do sét lan truyền trên đường dây phân phối trên không hạ áp như: *Khoảng cách giữa các dây pha, độ cao của cột, góc bảo vệ của dây bảo vệ chống sét và yếu tố che chắn dọc đường dây phân phối trên không.*

2.2.1.2. Các công trình nghiên cứu áp dụng đánh giá rủi ro để bảo vệ chống sét

Công trình nghiên cứu đánh giá rủi ro do sét gây ra cho công trình tòa nhà giảng dạy [7], dựa trên tiêu chuẩn IEC 62305 về đánh giá rủi ro do sét để phân tích đánh giá rủi ro do sét gây ra cho công trình tòa nhà.

Công trình nghiên cứu đánh giá rủi ro do sét gây ra cho hệ thống điện [8], dựa trên tiêu chuẩn IEC 62305, đã phân tích những rủi ro do sét gây ra đối với các thành phần khác nhau của một hệ thống điện dựa trên số lượng thiệt hại xảy ra hàng năm, tổn

thất do những thiệt hại gây ra và thông số suy giảm rủi ro. Từ đó, xác định cấp độ bảo vệ chống sét hợp lý cho hệ thống điện bao gồm: Trạm biến áp, đường dây truyền tải, và các hệ thống tua bin gió.

Công trình nghiên cứu đánh giá rủi ro thiệt hại do sét gây ra cho lưới điện phân phối [9], nghiên cứu đánh giá rủi ro thiệt hại do sét cho lưới điện liên quan đến: Tính toán tỷ lệ mất điện do sét, bản đồ mức độ nguy hiểm do sét gây ra cho lưới phân phối theo khu vực và công nghệ đánh giá rủi ro do sét lan truyền trên đường dây truyền tải bao gồm sự khác nhau về tác động của sét, công trình đường dây truyền tải, đặc tính địa lý, tính toán bảo vệ chống sét để xác định tỷ lệ mất điện do sét gây ra cho mỗi phân đoạn đường dây phân phối. Từ đó, thiết lập hệ thống đánh giá rủi ro thiệt hại do sét cho lưới điện.

Công trình nghiên cứu phần mềm đánh giá rủi ro thiệt hại do sét gây ra [10], nghiên cứu quy trình đánh giá rủi ro do sét và phát triển phần mềm EVAL I để đánh giá rủi ro thiệt hại do sét trong hệ thống điện hạ áp. Trên cơ sở đó, cần phải xác định lại các thông số thiết kế và cấp độ bảo vệ thích hợp cho hệ thống chống sét cho công trình.

Công trình nghiên cứu đánh giá rủi ro thiệt hại do sét và bảo vệ chống sét cho hệ thống điện mặt trời [11] đã phân tích những ảnh hưởng nguy hiểm do sét đánh trực tiếp và gián tiếp vào nhà máy pin năng lượng mặt trời và các hệ thống thiết bị được lắp đặt bên trong và bên ngoài.

Công trình nghiên cứu đánh giá rủi ro cho hệ thống quang điện do sét gây ra [12] áp dụng tiêu chuẩn IEC 62305-2 để đánh giá những rủi ro thiệt hại về con người và giá trị kinh tế do sét đánh trực tiếp và gián tiếp vào nhà máy pin quang điện (PVPGS). Kết quả đánh giá rủi ro đã được so sánh với kết quả trong tiêu chuẩn IEC 62305-2 có mức độ rủi ro thiệt hại về con người R_1 thấp hơn từ 56÷59% và rủi ro thiệt hại về kinh tế R_4 từ 92÷98%.

Công trình nghiên cứu về phương pháp tiếp cận đánh giá rủi ro thiệt hại do sét cho nhà máy điện hạt nhân [13], áp dụng tiêu chuẩn IEC 62305-2 đánh giá rủi ro thiệt hại do sét để phân tích đánh giá những rủi ro do sét gây ra đối với một nhà máy điện hạt nhân. Từ đó, đưa ra những phân tích cho việc lựa chọn các biện pháp bảo vệ chống sét thích hợp.

Công trình nghiên cứu đánh giá rủi ro để bảo vệ chống sét cho sân bay [14] đã phân tích áp dụng đánh giá rủi ro do sét gây ra cho sân bay dựa trên tiêu chuẩn IEC 62305-2. Đánh giá rủi ro dựa trên độ tin cậy về lý thuyết xác suất và thống kê toán học, số lượng các sự kiện nguy hiểm do sét gây ra, xác suất thiệt hại, số tiền bị mất mát từ hậu quả thiệt hại, đặc điểm của dòng sét đối với vị trí của sân bay, các dữ liệu kết cấu chi tiết của sân bay. Từ đó, cho phép lựa chọn biện pháp bảo vệ chống sét thích hợp cho sân bay.

Công trình nghiên cứu công cụ đánh giá rủi ro thiệt hại do sét gây ra [15] theo tiêu chuẩn IEC 62305-2 đã xây dựng công cụ đánh giá rủi ro do sét. Từ đó, cung cấp kết quả tính toán đánh giá rủi ro thiệt hại do sét gây ra cho công trình nhanh chóng chính xác, giúp xác định sự cần thiết của biện pháp bảo vệ chống sét mới và đánh giá khả năng bảo vệ của hiện có trong công trình.

Công trình nghiên cứu phân tích và đánh giá rủi ro thiệt hại do sét gây ra theo tiêu chuẩn IEC 62305-2 cho công trình công trình với rủi ro cháy nổ [16].

2.2.2. Các công trình nghiên cứu nước ngoài về đánh giá rủi ro thiệt hại do sét gây ra đối với công trình trạm viễn thông

2.2.2.1. Các tiêu chuẩn đánh giá rủi ro do sét cho công trình viễn thông

Tiêu chuẩn ITU-T K.39 [17], đã đưa ra quy trình đánh giá rủi ro thiệt hại do sét cho trường hợp cụ thể là công trình viễn thông dựa trên các tiêu chuẩn IEC 1024-1, IEC 1662 và IEC 1312-1 để đảm bảo an toàn cho con người và khả năng cung cấp dịch vụ của trạm viễn thông. Mức độ tính toán đánh giá rủi ro tương đối đơn giản và hạn chế về các tham số đầu vào. Rủi ro do sét đánh gián tiếp, sét lan truyền trên những đường dây dịch vụ đi vào nhà trạm, số lượng đường dây đi vào nhà trạm chưa được phân tích và xem xét đánh giá một cách chi tiết, các yếu tố che chắn xung quanh những đường dây dịch vụ cũng chưa được xem xét.

2.2.2.2. Các nghiên cứu đánh giá rủi ro do sét cho công trình viễn thông

Công trình nghiên cứu đánh giá rủi ro thiệt hại do sét đối với hệ thống thông tin/2002 [18] thảo luận về phương pháp đánh giá rủi ro thiệt hại do sét cho hệ thống thông tin trên cơ sở tham khảo tiêu chuẩn IEC 1662 và khuyến nghị ITU-T K.39.

Công trình nghiên cứu đánh giá rủi ro thiệt hại do sét gây ra cho một trạm viễn thông với tháp anten liền kề ở trung tâm thị trấn tỉnh Singburi, Thái Lan [19]. Các phân tích đánh giá rủi ro được thực hiện trên cơ sở các tiêu chuẩn IEC 62305-2, IEC 61643-22, IEC 1662 và khuyến nghị ITU-T K.39 và dựa trên điều kiện trạm viễn thông không được cung cấp bất kỳ biện pháp bảo vệ đặc biệt nào.

Công trình nghiên cứu về vị trí, vai trò của đường dây cấp nguồn trong việc bảo vệ quá áp và đánh giá rủi ro thiệt hại do sét gây ra đối với công trình viễn thông [20] theo tiêu chuẩn IEC 1662 và khuyến nghị ITU-T K.39.

2.2.3. Các công trình nghiên cứu trong nước về đánh giá rủi ro thiệt hại do sét gây ra đối với công trình xây dựng và trạm viễn thông

Tiêu chuẩn TCVN 9385 chống sét cho công trình xây dựng [21] dựa trên tiêu chuẩn BS 6651, nội dung đánh giá rủi ro thiệt hại do sét của tiêu chuẩn dựa trên: Loại công trình; mật độ sét khu vực; mức độ bao bọc bởi các đối tượng khác gần công trình; loại địa hình nơi công trình được xây dựng. Tiêu chuẩn chưa xây dựng quy trình hướng dẫn tính toán đánh giá rủi ro thiệt hại do sét gây ra và áp dụng kết quả đánh giá rủi ro để tính toán thiết kế, lựa chọn biện pháp bảo vệ chống sét thích hợp cho công trình.

Tiêu chuẩn TCVN 9888-2 [22] tương đương với tiêu chuẩn IEC 62305-2. Trong quá trình tính toán các rủi ro, tiêu chuẩn chưa xét đến các yếu tố: Xác suất gây phóng điện phụ thuộc dạng vật liệu xây dựng công trình, xác suất các đường dây dịch vụ mang xung sét lan truyền đi vào công trình, các yếu tố che chắn dọc theo các đường dây dịch vụ kết nối vào công trình và số lượng các đường dây dịch vụ kết nối vào công trình.

Quy chuẩn QCVN 32:2011/BTTTT [23] đề xuất quy trình đánh giá rủi ro cho đối tượng cụ thể là trạm viễn thông và các đường dây dịch vụ viễn thông. Yêu cầu kỹ thuật và phương pháp tính toán đánh giá rủi ro trong quy chuẩn được xây dựng trên cơ sở tiêu chuẩn IEC 62305, và các Khuyến nghị K.39, K.40, K.25 và K.47 của ITU-T.

Công trình nghiên cứu tính toán rủi ro thiệt hại về dịch vụ viễn thông sét đánh trạm gốc của hệ thống GSM-R trên tuyến giả định với điều kiện dông sét ở Việt Nam và đề xuất sử dụng kỹ thuật phủ sóng hai lớp chéo cell trong hệ thống GSM-R [24] được thực hiện theo quy chuẩn [23], dựa trên: Tần suất sét đánh và diện tích rủi ro của công trình và những đường dây dịch vụ kết nối đến công trình. Từ đó, so sánh giá trị rủi ro sét

đánh vào trạm gốc trong các trường hợp và đề xuất sử dụng kỹ thuật phủ sóng hai lớp liên kết chéo cell trong mạng GSM-R ứng dụng vào đường sắt cao tốc.

Công trình nghiên cứu tính toán mức độ rủi ro thiệt hại do sét đánh cho công trình viễn thông [25] đã nghiên cứu đánh giá, phân tích và tính toán các thành phần rủi ro do sét gây ra đối với trạm viễn thông theo tiêu chuẩn IEC 62305-2 và QCVN 32:2011/BTTTT dựa trên các yếu tố: Đặc điểm về kích thước, vật liệu xây dựng nhà trạm và tháp anten liên kết; đặc điểm về chiều dài, cách lắp đặt, loại đường dây dịch vụ kết nối đến nhà trạm; mật độ sét khu vực; các biện pháp bảo vệ chống sét hiện có cho nhà trạm và đường dây dịch vụ. Từ đó, so sánh kết quả đánh giá rủi ro do sét gây ra cho trạm viễn thông, nhận thấy: sai số giữa hai cách tính vào khoảng 11% đối với giá trị rủi ro thiệt hại về con người R_1 và khoảng 5,756% đối với giá trị rủi ro thiệt hại về dịch vụ R_2 .

2.2.4. Kết luận

Trong các tiêu chuẩn và công trình nghiên cứu về đánh giá rủi ro thiệt hại do sét gây ra ở trong nước và quốc tế thì mỗi tiêu chuẩn và công trình nghiên cứu đều có những ưu điểm và hạn chế về phương pháp tiếp cận đánh giá rủi ro khác nhau và áp dụng cho những đối tượng công trình khác nhau. Trong đó, tiêu chuẩn IEC 62305-2 mang tính tổng quát và có độ chi tiết hơn và có thể áp dụng cho nhiều đối tượng công trình khác nhau. Tuy nhiên, trong quá trình tính toán, tiêu chuẩn IEC 62305-2 chưa xét đến các yếu tố như: Xác suất phóng điện nguy hiểm phụ thuộc vật liệu xây dựng công trình; Số lượng những đường dây dịch vụ kết nối đến công trình; Xác suất dây dẫn bên ngoài mang xung sét vào công trình; Yếu tố che chắn xung quanh những đường dây dịch vụ kết nối đến công trình. Vì vậy, kết quả đánh giá rủi ro chưa đáp ứng được điều kiện thực tế của từng loại công trình ở những vùng miền cụ thể khác nhau.

2.3. Mô hình hóa và mô phỏng để đánh giá hiệu quả bảo vệ của thiết bị chống sét trên đường nguồn hạ áp

2.3.1. Mô hình máy phát xung sét tiêu chuẩn

2.3.1.1. Các xung sét tiêu chuẩn

Những dạng xung sét chuẩn được quy định trong các tiêu chuẩn quốc tế như: [26] Impulse generators used for testing low voltage equipment. [27] Phoenix contact GmbH & Co. KG, (2017), Lightning and surge protection basics from the generation of surge voltages right through to a comprehensive protection concept. [28] IEC 60060-1, (1989), High-voltage test techniques – Part 1: General definitions and test requirements, IEEE C62.41 [29], IEEE C62.45 [30] đã cung cấp một tập hợp các dạng xung sét với dạng sóng chuẩn có thông số gần với những xung sét thực tế phục vụ cho mục đích kiểm tra khả năng làm việc của các thiết bị điện – điện tử và các thiết bị bảo vệ trong điều kiện khi có xung sét.

a. Định nghĩa đối với xung dòng chuẩn:

- Thời gian đầu sóng T_1 :

Thời gian đầu sóng T_1 xác định bằng 1.25 lần khoảng thời gian T giữa các thời điểm khi biên độ xung bằng 10% và 90% của giá trị đỉnh (hình 2.1).

$$\frac{(t_{90\%} - t_{10\%})}{(0.9 - 0.1)} = 1.25(t_{90\%} - t_{10\%}) \quad (2.1)$$

- Thời gian toàn sóng T_2 :

Thời gian toàn sóng T_2 được xác định bằng khoảng thời gian giữa điểm gốc giả định O_1 và thời điểm khi biên độ xung giảm tới nửa giá trị đỉnh.

- *Điểm gốc giả định O_1 :*

Điểm gốc giả định O_1 là giao điểm của đường thẳng được vẽ qua các điểm chuẩn khi biên độ xung bằng 10% và 90% của giá trị đỉnh trên đầu sóng với trục thời gian.

- *Dung sai*

Giá trị đỉnh: $\pm 10\%$

Thời gian đầu sóng: $\pm 10\%$

Thời gian tới nửa giá trị sóng: $\pm 10\%$

b. *Định nghĩa đối với xung áp chuẩn:*

- *Thời gian đầu sóng T_1*

Thời gian đầu sóng T_1 được xác định bằng 1.67 lần khoảng thời gian T giữa các thời điểm khi biên độ xung bằng 30% và 90% của giá trị đỉnh (hình 2.2).

$$\frac{(t_{90\%} - t_{30\%})}{(0.9 - 0.3)} = 1.67(t_{90\%} - t_{30\%}) \quad (2.2)$$

- *Thời gian toàn sóng T_2*

Thời gian toàn sóng T_2 được xác định bằng khoảng thời gian giữa điểm gốc giả định O_1 và thời điểm khi biên độ xung đã giảm tới nửa giá trị đỉnh.

- *Điểm gốc giả định O_1*

Điểm gốc giả định O_1 là giao điểm của đường thẳng được vẽ qua các điểm chuẩn khi biên độ xung bằng 30% và 90% của giá trị đỉnh trên đầu sóng với trục thời gian.

c. *Dung sai:*

Giá trị đỉnh: $\pm 3\%$

Thời gian đầu sóng: $\pm 30\%$

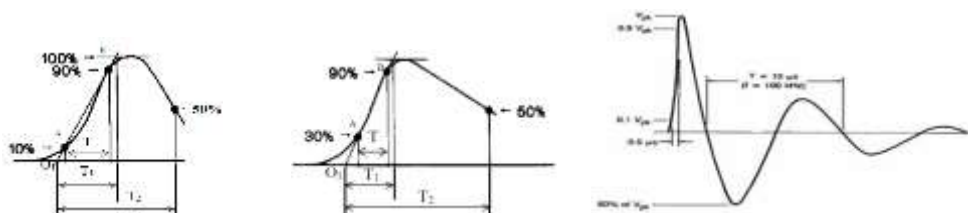
Thời gian tới nửa giá trị sóng: $\pm 20\%$

d. *Dạng sóng xung tắt dần (Ring-wave):*

- Xung có tần số $f=100\text{kHz}$.

- Thời gian đầu sóng xung đầu tiên $0,5\mu\text{s}$.

- Biên độ kế tiếp giảm còn 60% biên độ đầu.



a) *Dạng xung dòng chuẩn*

b) *Dạng xung áp chuẩn* c)

Xung áp chuẩn tắt dần ($0,5\mu\text{s} - 100\text{kHz}$)

Hình 2.2: Các dạng xung chuẩn

2.3.1.2. Các công trình nghiên cứu mô hình máy phát xung sét

Công trình nghiên cứu và thiết kế máy phát xung dòng [31] đã trình bày phương pháp phân tích và thiết kế máy phát xung dòng theo tiêu chuẩn IEC 60060-1.

Công trình nghiên cứu phân tích máy phát xung áp và ảnh hưởng của sự thay đổi các thông số bằng mô phỏng máy tính [32] đã phân tích mạch Marx bằng phương pháp toán

học và phương pháp mô phỏng để xác định ảnh hưởng của các thông số R_1 , R_2 , tỷ số C_1/C_2 đến thời gian đầu sóng và thời gian đuôi sóng của các xung áp. Cả hai phương pháp giải tích và mô phỏng cho thấy rằng kết quả mô phỏng tương ứng với các phân tích trên mô hình toán học. Giá trị điện dung của máy phát xung áp nên nằm trong khoảng 18nF đến 30nF, từ đó tạo thuận lợi cho việc xác định giá trị R_1 , R_2 , và C_2 .

Công trình nghiên cứu xây dựng và đánh giá máy phát xung một bậc [33] đã sử dụng mô hình máy phát xung của Marx để xây dựng một máy phát xung áp đến 10kV.

Công trình nghiên cứu và chế tạo máy phát xung sét cao áp [34] đã kết hợp máy biến áp quét ngược và máy phát xung Marx để tạo ra các xung áp tiêu chuẩn khác nhau từ 10kV đến 100kV với dòng điện thấp chỉ 5mA. Máy phát xung được sử dụng để kiểm tra các thiết bị bảo vệ xung (SPD), chống sét van, cáp và các thiết bị trong mạng điện.

Công trình nghiên cứu mô phỏng đặc tính máy phát xung áp cho việc kiểm tra các thiết bị sử dụng MATLAB Simulink [35] đã mô tả phương pháp mô phỏng máy phát xung áp sử dụng Simulink. Kết quả mô phỏng cho thấy rằng Simulink rất hữu ích trong việc nghiên cứu ảnh hưởng của sự thay đổi các thông số (R , L , C) đến việc thiết kế để đạt được máy phát xung áp mong muốn có thể tạo ra dạng sóng theo yêu cầu.

Công trình nghiên cứu mô hình máy phát xung áp sử dụng Matlab [36], đã mô tả một phương pháp mô hình hóa máy phát xung áp sử dụng Simulink, một phần mở rộng của Matlab. Các biểu thức toán học cho mô hình đã được xây dựng và mô phỏng tương ứng trong Simulink. Công trình nghiên cứu cho thấy rằng Simulink rất hữu ích trong việc nghiên cứu ảnh hưởng của việc thay đổi thông số (R , L , C) trong việc thiết kế máy phát xung áp với dạng sóng mong muốn.

Công trình nghiên cứu mô phỏng đặc tính của máy phát xung áp phục vụ kiểm tra thiết bị sử dụng Matlab Simulink [37], đã phân tích công trình của một máy phát xung áp dựa trên mạch máy phát xung một bậc cơ bản. Từ đó, phân tích đại số mô hình máy phát xung áp để mô phỏng máy phát xung áp trong Simulink. Kết quả dạng sóng thu được dựa vào kết quả mô phỏng với thời gian đầu sóng được điều khiển bởi giá trị điện trở phía trước và thời gian đuôi sóng được điều khiển bởi giá trị điện trở phía sau.

Công trình nghiên cứu mô hình hóa và mô phỏng máy phát xung sử dụng mạch Marx [38], đã phân tích mạch máy phát xung áp của Marx. Từ đó, xác định các phần tử trong mạch máy phát xung và đưa ra các biểu thức tính toán xác định giá trị các phần tử, các thông số và ảnh hưởng của chúng đến đặc tính các xung sét được nghiên cứu tạo ra dạng sóng có các thông số trong giới hạn sai số cho phép.

Công trình nghiên cứu các mô hình máy phát xung cải tiến [39], đã nghiên cứu về các dạng sóng xung sét tiêu chuẩn như: 10/70 μ s, 1.2/50 μ s, 2/25 μ s, 2/50 μ s, 0.25/100 μ s, 1/200 μ s, 10/350 μ s, 1/5 μ s, 4/10 μ s, 8/20 μ s và nghiên cứu mô hình mạch máy phát xung từ đó xác định các giá trị R , L , C trong mạch bằng phương pháp xấp xỉ, phương pháp sai số và thông qua mô hình toán học Heidler để hiệu chỉnh các sai số tính toán. Thông số R , L , C của máy phát xung dòng 8/20 μ s đã giảm sai số về dạng sóng so với các mô hình đã đề xuất từ 39.06% đến 29.7%. Mô hình toán học cho máy phát xung dòng 8/20 μ s và 4/10 μ s có sai số thấp hơn so với những nghiên cứu đã đề xuất từ 6% đến 3%.

2.3.1.3. Kết luận

Các công trình nghiên cứu trong nước và quốc tế về mô hình máy phát xung đến thời điểm hiện nay chỉ nghiên cứu mô hình máy phát tạo ra một dạng xung sét chuẩn và dạng sóng có độ sai số tương đối lớn so với các xung sét tiêu chuẩn.

2.3.2. Mô hình thiết bị triệt xung quá áp do sét và các yếu tố ảnh hưởng đến hiệu quả bảo vệ chống sét

2.3.2.1. Mô hình thiết bị triệt xung quá áp do sét

Có nhiều công nghệ bảo vệ chống sét lan truyền trên đường nguồn như: Công nghệ khe hở phóng điện (Spark Gap); MOV (Metal Oxide Varistor); MLV (Multilayer Varistor); SAD (Silicon Avalanche Diode); TDS (Transient Discriminating Suppressor). Trong đó, các thiết bị bảo vệ chống sét theo công nghệ MOV và MLV được ứng dụng phổ biến để lắp đặt bảo vệ chống sét lan truyền trên đường nguồn đối với các mạng điện hạ áp do có những ưu điểm về hệ số phi tuyến cao, dòng rò nhỏ, khả năng tản sét nhanh, có thời gian đáp ứng nhanh và có hệ thống đèn báo phần trăm tuổi thọ còn lại. Đã có nhiều công trình nghiên cứu về mô hình thiết bị triệt xung quá áp do sét trên đường nguồn hạ áp như sau:

Công trình nghiên cứu mô hình số học của MOV [40], đã xây dựng một mô hình biến trở phi tuyến cải tiến dựa trên một mô hình biến trở phi tuyến cơ bản có đặc tính V-I lý tưởng từ vài μA đến hàng chục kA.

Công trình nghiên cứu mô hình máy tính của MOV [41], đã đề xuất một mô hình MOV dựa trên mô hình MOV của IEEE để phân tích các đặc tính về điện, mô hình là sự kết hợp của hai dãy gồm bốn biến trở phi tuyến với cùng điện áp và dòng điện danh định và đặc tính V-I không đồng nhất.

Công trình nghiên cứu mô hình thiết bị triệt xung như phần tử của hệ thống bảo vệ quá áp [42], nhằm tạo ra một mô hình toán học của thiết bị triệt xung dựa trên mô hình đề xuất bởi IEEE.

Công trình nghiên cứu mô hình thiết bị triệt xung oxit kim loại sử dụng giải thuật di truyền [43], đã phát triển một giải thuật tính toán tối ưu thông số mạch mô hình thiết bị triệt xung oxit kim loại dựa trên mô hình đề xuất bởi IEEE, Pinceti-Gianettoni và Fernandez-Diaz để giảm tối thiểu sai số giữa giá trị đỉnh điện áp dư mô phỏng so với các giá trị các nhà sản xuất quy định. Ưu điểm của phương pháp là cho kết quả chính xác sai số từ 0.0067% đến 0%, người sử dụng có thể lựa chọn tốc độ mô phỏng và tính chính xác mong muốn, phạm vi các thông số giá trị, số lần lặp.

Công trình nghiên cứu mô hình thiết bị triệt xung oxit kim loại phục vụ mô phỏng quá độ nhanh [44] đã đề xuất một mô hình mạch mới dựa trên mô hình tần số phụ thuộc đề xuất bởi IEEE cho mục đích mô phỏng đặc tính động của dòng phóng điện với thời gian đầu sóng bắt đầu ở $8\mu\text{s}$. Mô hình có độ chính xác điện áp đáp ứng chấp nhận được khoảng 1.5%.

Công trình nghiên cứu mô hình thiết bị triệt xung trong điều kiện quá áp tạm thời [45], đã thiết kế một mô hình thiết bị triệt xung dạng oxit kim loại trong hệ thống phân phối 22kV bằng chương trình ATP-EMTP với giá trị các thông số trong mạch mô phỏng như: R được tính toán phụ thuộc điện áp thử nghiệm, C được đo thông qua mô phỏng bởi chương trình ATP và kết quả mô phỏng của mô hình được so sánh với một thiết bị thực tế và có sai số dòng rò thấp hơn 4.4%.

Công trình nghiên cứu đặc tính động của thiết bị triệt xung dạng oxit kim dưới ảnh hưởng của quá độ nhanh [46] đã giới thiệu những mô hình thiết bị triệt xung dạng oxit kim loại đã được đề xuất trước đây.

Công trình nghiên cứu so sánh các mô hình thiết bị triệt xung dạng oxit kim loại [47] đã so sánh hai mô hình được đề xuất bởi IEEE và mô hình đơn giản đề xuất bởi Pinceti

and Giannettoni thông qua mô phỏng trên phần mềm EMTP – RV. Kết quả mô phỏng được so sánh tương ứng với các dữ liệu của những nhà sản xuất cho thấy: với dạng sóng $1/5\mu\text{s}$ thì mô hình đơn giản có kết quả chính xác hơn; với dạng sóng $8/20\mu\text{s}$ thì cả hai mô hình có độ chính xác tương đồng nhau; với dạng sóng $30/60\mu\text{s}$ mô hình đề xuất bởi IEEE có độ chính xác cao hơn trong tất cả các trường hợp mô phỏng.

2.3.2.2. Các yếu tố ảnh hưởng đến hiệu quả bảo vệ chống sét

Công trình nghiên cứu các yếu tố ảnh hưởng đến sự lựa chọn và lắp đặt SPD mạng hạ áp [48] như: Dòng phóng điện sét, cấp độ bảo vệ của SPD, sụt áp trên dây dẫn kết nối SPD. Sự lựa chọn hợp lý cấp độ bảo vệ SPD ảnh hưởng bởi chiều dài và đặc điểm của mạch kết nối giữa SPD và thiết bị được bảo vệ; dạng sóng của dòng sét; điện áp ở đầu cực thiết bị có thể tăng gấp đôi so với mức điện áp bảo vệ hiệu quả của SPD trong phạm vi 10m; sụt áp cảm ứng trên dây dẫn kết nối SPD có thể lên đến hàng 100V thậm chí khi chiều dài dây dẫn kết nối từ 0.1m đến 0.2m.

Công trình nghiên cứu ảnh hưởng của độ ẩm và phóng điện cục bộ đến sự lão hóa của thiết bị bảo vệ xung trong mạng cao áp [49] cho thấy trong suốt thời gian hoạt động thì hai yếu tố: Độ ẩm và phóng điện cục bộ góp phần làm lão hóa thiết bị bảo vệ xung. Sự lão hóa của thiết bị bảo vệ xung xảy ra ngẫu nhiên và không rõ ràng liên quan đến vị trí mà phóng điện bên trong xảy ra. Do đó, sự che chắn cho các thiết bị bảo vệ xung khỏi bụi và ngăn chặn phóng điện cục bộ xảy ra là một điều kiện tiên quyết đảm bảo độ tin cậy làm việc lâu dài của các thiết bị bảo vệ xung.

Công trình nghiên cứu lắp đặt thiết bị bảo vệ quá áp trong hệ thống hạ áp [50], đã nghiên cứu phân tích các yếu tố ảnh hưởng đến việc lựa chọn và lắp đặt thiết bị bảo vệ quá áp để đạt được hiệu quả bảo vệ tối đa như: Cần lựa chọn và lắp đặt hợp lý thiết bị bảo vệ xung theo công trình của mạng điện TT, IT hay TN-S; Chiều dài dây dẫn kết nối cho thiết bị bảo vệ xung nên được lựa chọn có xét đến sụt áp do điện áp cảm ứng gây ra; Tiết diện dây dẫn kết nối cho thiết bị bảo vệ xung cấp I không nhỏ hơn 16mm^2 và cho thiết bị bảo vệ xung cấp II, III không nhỏ hơn 6mm^2 ; Mức độ điện áp bảo vệ thích hợp nên được lựa chọn theo tiêu chuẩn IEC 61643.

Công trình nghiên cứu lựa chọn thiết bị bảo vệ xung cho mạng hạ áp kết nối với đường dây trên không [51], đã trình bày quy trình lựa chọn thiết bị bảo vệ xung cho mạng hạ áp. Kết quả tính toán và mô phỏng từ nghiên cứu cho thấy, thiết bị bảo vệ xung cấp II là bảo vệ hợp lý cho ngõ vào những đường dây dịch vụ đi vào công trình không có hệ thống bảo vệ chống sét. Các thiết bị bảo vệ xung nên được lựa chọn phụ thuộc vào cấp độ bảo vệ và dạng sóng xung sét.

Công trình nghiên cứu dự đoán trước sự cố trong các thiết bị bảo vệ xung dựa vào đặc tính điện môi [52] đã phân tích các yếu tố: dòng điện rò, điện áp dư ở dòng phóng điện danh định, đặc tính dẫn và đặc tính điện môi đo được từ dòng phân cực và khử cực. Kết quả nghiên cứu cho thấy, sự suy giảm khả năng làm việc của thiết bị bảo vệ xung theo thời gian ảnh hưởng đến đặc tính V-I ở điện áp vận hành liên tục và năng lượng cao từ các xung quá áp có thể làm thay đổi tính chất các hạt oxide kim loại và thành phần hóa học của thiết bị bảo vệ xung, gây ảnh hưởng đến khả năng khôi phục của các đường cong đặc tính V-I. Kết quả là làm tăng dòng rò và khả năng đáp ứng điện môi của thiết bị bảo vệ xung.

Công trình nghiên cứu quy trình đánh giá tuổi thọ của thiết bị triệt xung dạng oxide kim loại trong mạng điện xoay chiều [53] đã đưa ra và phân tích các yếu tố như: Đặc

tính điện, khả năng tản nhiệt, công trình của thiết bị triệt xung trong những điều kiện làm việc khác nhau từ đó đánh giá và xác định tuổi thọ của thiết bị triệt xung dạng oxide kim loại dựa trên khái niệm về mức năng lượng giới hạn.

Công trình nghiên cứu so sánh tính toán năng lượng hấp thụ và điện áp dư của thiết bị triệt xung dạng oxit kim loại [54], đã phân tích mô hình thông thường, mô hình đề xuất bởi IEEE và mô hình đề xuất bởi Pinceti. Giá trị năng lượng hấp thụ và điện áp dư đạt được dựa trên kết quả mô phỏng trên phần mềm ATP và kết quả thực nghiệm được so sánh. Kết quả mô phỏng cho thấy rằng mô hình truyền thống không thể hiện đặc tính điện dung của thiết bị triệt xung dạng oxit kim loại khi nó bị kích thích bởi một giá trị điện áp thấp hơn điện áp định mức; kết quả năng lượng hấp thụ ở giá trị điện áp vận hành là khác nhau và có độ chính xác cao đối với xung dòng sét và xung đầu sóng nhanh; giá trị điện áp dư không có độ chính xác cao do mô hình thông thường không có đặc tính V-I động của thiết bị triệt xung dạng oxit kim loại.

2.3.2.3. Kết luận

Các công trình nghiên cứu trong nước và quốc tế về thiết bị bảo vệ chống sét lan truyền trên đường nguồn hạ áp đến thời điểm hiện nay, chưa có công trình nghiên cứu nào xét đầy đủ các yếu tố như: Dạng xung sét; biên độ xung sét; dòng xung định mức, điện áp ngưỡng, công nghệ chế tạo, nhiệt độ, năng lượng hấp thụ sét với các dạng xung sét khác nhau của thiết bị bảo vệ chống sét.

2.4. Các nghiên cứu về giải pháp chống sét tại Việt Nam

2.4.1. Bảo vệ chống sét đánh trực tiếp

Bảo vệ chống sét đánh trực tiếp bằng công nghệ kim cổ điển đang được sử dụng rộng rãi nhiều nơi trên thế giới và ở nước ta là hệ thống dùng kim thu sét cổ điển Franklin. Đảm bảo tiêu chuẩn quốc tế và trong nước về bảo vệ chống sét: IEC 62301-1, AS/NZS 1768, TCVN 9888-3.

Chống sét đánh trực tiếp bằng công nghệ tiêu tán đám mây điện tích không cho hình thành tia tiên đạo sét (dissipation array system). Công nghệ này hiện nay ở Việt Nam rất ít sử dụng vì giá thành cao.

Chống sét đánh trực tiếp bằng công nghệ phát tia tiên đạo sớm (Early Streamer Emission). Sự cần thiết bảo vệ được xác định dựa vào các yếu tố như về mật độ sét khu vực và phương pháp phân tích rủi ro và cấp độ bảo vệ cho công trình như quy định trong tiêu chuẩn NF C 17-102 sẽ cho phép tính toán bán kính bảo vệ và lựa chọn kim thu sét phóng điện sớm thích hợp. Các hãng sản xuất kim thu sét phóng điện sớm như: Indelec – Pháp, Satelit – Pháp, Helita – Pháp, Pouyet – Pháp, Paratonnorres – Pháp, Erico – Úc, Ingesco – Tây Ban Nha.

2.4.2. Bảo vệ chống sét lan truyền trên đường nguồn

Chống sét van sơ cấp (thiết bị cắt sét) lắp song song với tải

Thiết bị cắt lọc sét (thường là lắp nối tiếp với phụ tải)

Giải pháp chống sét toàn diện sáu điểm phù hợp với các tiêu chuẩn chống sét hiện nay trên thế giới nói chung và Việt Nam nói riêng, bao gồm:

- Thu bắt sét tại điểm định trước.
- Dẫn sét an toàn bằng cấp thoát sét chống nhiễu.
- Tản nhanh năng lượng sét vào hệ thống nối đất có tổng trở thấp
- Đẳng thế các hệ thống đất
- Chống sét lan truyền theo đường cấp nguồn

- Chống sét lan truyền trên đường tín hiệu

Chương 3
PHƯƠNG PHÁP CẢI TIẾN
ĐÁNH GIÁ RỦI RO THIẾT HẠI DO SÉT

3.1. Tổng quan các phương pháp đánh giá rủi ro thiệt hại do sét

3.1.1. Đánh giá rủi ro thiệt hại do sét theo tiêu chuẩn IEC 62305-2/BS EN 62305-2

3.1.1.1. Phạm vi áp dụng

Tiêu chuẩn IEC 62305-2 [1]/BS EN 62305-2 [4] về đánh giá rủi ro được áp dụng cho các công trình hay những dịch vụ liên quan.

3.1.1.2. Những thiệt hại, tổn thất do sét

a. Nguồn gốc gây ra những thiệt hại do sét:

S1: Sét đánh trực tiếp vào công trình.

S2: Sét đánh gần công trình.

S3: Sét đánh trực tiếp vào đường dây dịch vụ kết nối đến công trình.

S4: Sét đánh gần đường dây dịch vụ kết nối đến công trình.

b. Những dạng thiệt hại do sét gây ra:

D1: Thiệt hại liên quan đến tổn thương về con người hay động vật do điện giật.

D2: Thiệt hại về vật chất.

D3: Thiệt hại hay sự cố những hệ thống điện, điện tử bên trong công trình.

c. Những dạng tổn thất do sét gây ra:

L1: Tổn thất về cuộc sống con người.

L2: Tổn thất những dịch vụ công cộng.

L3: Tổn thất về di sản văn hóa.

L4: Tổn thất về giá trị kinh tế.

Bảng 3.1: Những nguồn thiệt hại, dạng thiệt hại và những dạng tổn thất theo vị trí sét đánh

Sét đánh		Công trình	
<i>Vị trí sét đánh</i>	<i>Nguồn thiệt hại</i>	<i>Dạng thiệt hại</i>	<i>Dạng tổn thất</i>
Sét đánh trực tiếp vào công trình	<i>S1</i>	<i>D1</i> <i>D2</i> <i>D3</i>	<i>L1, L4^a</i> <i>L1, L2, L3, L4</i> <i>L1^b, L2, L4</i>
Sét đánh gần công trình	<i>S2</i>	<i>D3</i>	<i>L1^b, L2, L4</i>
Sét đánh trực tiếp vào những đường dây dịch vụ kết nối đến công trình	<i>S3</i>	<i>D1</i> <i>D2</i> <i>D3</i>	<i>L1, L4^a</i> <i>L1, L2, L3, L4</i> <i>L1^b, L2, L4</i>
Sét đánh gần những đường dây dịch vụ kết nối đến công trình	<i>S4</i>	<i>D3</i>	<i>L1^b, L2, L4</i>

^a Những nơi có thể bị thiệt hại các loại vật nuôi.

^b Những công trình với rủi ro phát nổ, bệnh viện hay những công trình khác với những sự cố hệ thống bên trong ngay lập tức có thể gây nguy hiểm đến tính mạng con người.

3.1.1.3. Rủi ro và những thành phần rủi ro

R₁: Rủi ro tổn thất về con người.

R₂: Rủi ro tổn thất về dịch vụ công cộng.

R₃: Rủi ro tổn thất về di sản văn hóa.

R_4 : Rủi ro tổn thất về giá trị kinh tế.

Thành phần rủi ro do sét đánh trực tiếp vào công trình: R_A, R_B, R_C

Thành phần rủi ro do sét đánh gần công trình: R_M

Thành phần rủi ro do sét đánh vào những đường dây dịch vụ kết nối đến công trình: R_U, R_V, R_W

Thành phần rủi ro do sét đánh gần những đường dây dịch vụ kết nối với công trình: R_Z

3.1.1.4. Tổng hợp những thành phần rủi ro

R_1 : Rủi ro tổn thất về cuộc sống con người.

$$R_1 = R_{A1} + R_{B1} + R_{C1}^{(1)} + R_{M1}^{(1)} + R_{U1} + R_{V1} + R_{W1}^{(1)} + R_{Z1}^{(1)} \quad (3.1)$$

R_2 : Rủi ro tổn thất về dịch vụ công cộng.

$$R_2 = R_{B2} + R_{C2} + R_{M2} + R_{V2} + R_{W2} + R_{Z2} \quad (3.2)$$

R_3 : Rủi ro tổn thất về di sản văn hóa.

$$R_3 = R_{B3} + R_{V3} \quad (3.3)$$

R_4 : Rủi ro tổn thất về giá trị kinh tế.

$$R_4 = R_{A4}^{(2)} + R_{B4} + R_{C4} + R_{M4} + R_{U4}^{(2)} + R_{V4} + R_{W4} + R_{Z4} \quad (3.4)$$

Bảng 3.2: Những thành phần rủi ro tương ứng với mỗi dạng thiệt hại

Nguồn thiệt hại	Sét đánh vào công trình S1			Sét đánh gần công trình S2	Sét đánh vào đường dây dịch vụ kết nối đến công trình S3			Sét đánh gần đường dây dịch vụ kết nối đến công trình S4
	R_A	R_B	R_C		R_M	R_U	R_V	
Thành phần rủi ro	R_A	R_B	R_C	R_M	R_U	R_V	R_W	R_Z
Rủi ro cho mỗi dạng tổn thất								
R_1	*	*	*(a)	*(a)	*	*	*(a)	*(a)
R_2		*	*	*		*	*	*
R_3		*				*		
R_4	*(b)	*	*	*	*(b)	*	*	*

(a) Cho những công trình với rủi ro phát nổ, hay bệnh viện với những sự cố hệ thống bên trong ngay lập tức có thể gây nguy hiểm đến tính mạng con người.
 (b) Cho những tài sản, những nơi mà những vật nuôi có thể bị thiệt hại.

3.1.1.5. Đánh giá rủi ro

Giá trị rủi ro chấp nhận được R_T :

Bảng 3.3: Giá trị rủi ro chấp nhận được

Dạng tổn thất		R_T
L1	Tổn thất về con người	10^{-5}
L2	Tổn thất về dịch vụ công cộng	10^{-3}
L3	Tổn thất về di sản văn hóa	10^{-4}

- Tính toán rủi ro tổng R.

Nếu $R \leq R_T$, bảo vệ chống sét là không cần thiết.

Nếu $R > R_T$, các biện pháp bảo vệ nên được áp dụng để làm giảm rủi ro $R \leq R_T$.

3.1.1.6. Xác định những thành phần rủi ro:

a. Biểu thức tính toán rủi ro:

$$R_X = N_X \cdot P_X \cdot L_X \quad (3.5)$$

Trong đó: N_X là số sự kiện nguy hiểm do sét gây ra trong năm; P_X là xác suất thiệt hại của công trình; L_X là hậu quả thiệt hại, được quyết định bởi mục đích sử dụng của công trình.

b. Những thành phần rủi ro do sét đánh trực tiếp vào công trình (S1):

1. Thành phần rủi ro liên quan đến tổn thương về con người do điện giật (D1):

$$R_A = N_D \cdot P_A \cdot L_A \quad (3.6)$$

$$N_D = N_G \cdot A_D \cdot C_D \cdot 10^{-6} \quad (3.7)$$

$$A_D = L \cdot W + 2 \cdot (3H) \cdot (L+W) + \pi(3H)^2 \quad (3.8)$$

$$P_A = P_{TA} \cdot p_B \quad (3.9)$$

2. Thành phần rủi ro liên quan đến thiệt hại vật chất (D2):

$$R_B = N_D \cdot p_B \cdot L_B \quad (3.10)$$

3. Thành phần rủi ro liên quan đến sự cố những hệ thống bên trong công trình (D3):

$$R_C = N_D \cdot P_C \cdot L_C \quad (3.11)$$

$$P_C = P_{SPD} \cdot C_{LD} \quad (3.12)$$

c. Những thành phần rủi ro do sét đánh gần công trình (S2):

Thành phần rủi ro liên quan đến sự cố những hệ thống bên trong công trình (D3):

$$R_M = N_M \cdot P_M \cdot L_M \quad (3.13)$$

$$N_M = N_G \cdot A_M \cdot 10^{-6} \quad (3.14)$$

Trong đó: N_G là mật độ sét ($\text{lần}/\text{km}^2/\text{năm}$); A_M là vùng tập trung tương đương sét đánh gần công trình (m^2), được tính trong phạm vi 500m từ chu vi công trình. A_M được tính theo công thức:

$$A_M = 2 \cdot 500(L+W) \cdot \pi \cdot 500^2 \quad (3.15)$$

$$P_M = P_{SPD} \cdot P_{MS} \quad (3.16)$$

Đối với những thiết bị không có khả năng hạn chế hay điện áp chịu xung không được xem xét thì nên giả sử $P_M = 1$.

Giá trị P_{MS} được tính theo biểu thức sau:

$$P_{MS} = (K_{S1} \cdot K_{S2} \cdot K_{S3} \cdot K_{S4})^2 \quad (3.17)$$

d. Những thành phần rủi ro do sét đánh trực tiếp vào những đường dây dịch vụ kết nối với công trình (S3):

1- Thành phần rủi ro liên quan đến tổn thương về con người do điện giật (D1):

$$R_U = N_L \cdot P_U \cdot L_U \quad (3.18)$$

$$N_L = N_G \cdot A_L \cdot C_1 \cdot C_E \cdot C_T \cdot 10^{-6} \quad (3.19)$$

- Vùng tập trung tương đương A_L của đường dây:

$$A_L = 40 \cdot L_L \quad (3.20)$$

Trong đó: L_L là chiều dài của đường dây tính từ nút sau cùng.

Giá trị P_U được tính theo biểu thức sau:

$$P_U = P_{TU} \cdot P_{EB} \cdot P_{LD} \cdot C_{LD} \quad (3.21)$$

2- Thành phần rủi ro liên quan đến thiệt hại vật chất (D2):

$$R_V = N_L \cdot P_V \cdot L_V \quad (3.22)$$

$$P_V = P_{EB} \cdot P_{LD} \cdot C_{LD} \quad (3.23)$$

3- Thành phần rủi ro liên quan đến sự cố những hệ thống bên trong công trình (D3):

$$R_W = N_L \cdot P_W \cdot L_W \quad (3.24)$$

$$P_W = P_{SPD} \cdot P_{LD} \cdot C_{LD} \quad (3.25)$$

Với giá trị P_{SPD} (bảng 4 phụ lục 1), P_{LD} (bảng 11 phụ lục 1); C_{LD} (bảng 5 phụ lục 1).

e. Những thành phần rủi ro do sét đánh gần những đường dây dịch vụ kết nối đến công trình (S4):

Thành phần rủi ro liên quan đến sự cố những hệ thống bên trong công trình (D3):

$$R_Z = N_I \cdot P_Z \cdot L_Z \quad (3.26)$$

Cho mỗi đường dây, giá trị N_L được tính như sau:

$$N_I = N_G \cdot A_I \cdot C_I \cdot C_T \cdot C_E \cdot 10^{-6} \quad (3.27)$$

$$A_I = 4000 \cdot L_L \quad (3.28)$$

Trong đó: L_L là chiều dài của đường dây tính từ nút sau cùng.

$$P_Z = P_{SPD} \cdot P_{LI} \cdot C_{LI} \quad (3.29)$$

f. Tổng hợp những thành phần rủi ro:

Bảng 3.4: Những thành phần rủi ro cho công trình theo những dạng thiệt hại và những nguồn thiệt hại khác nhau

Thiệt hại	Nguồn thiệt hại			
	S1 Sét đánh trực tiếp vào công trình	S2 Sét đánh gần công trình	S3 Sét đánh trực tiếp vào những đường dây dịch vụ liên kết đến công trình	S4 Sét đánh gần những đường dây dịch vụ liên kết đến công trình
D1 Thiệt hại liên quan đến sinh vật sống do điện giật	$R_A = N_D \cdot P_A \cdot L_A$		$R_U = N_L \cdot P_U \cdot L_U$	
D2 Thiệt hại vật chất	$R_B = N_D \cdot P_B \cdot L_B$		$R_V = N_L \cdot P_V \cdot L_V$	
D3 Thiệt hại trong những hệ thống điện, điện tử	$R_C = N_D \cdot P_C \cdot L_C$	$R_M = N_M \cdot P_M \cdot L_M$	$R_W = N_L \cdot P_W \cdot L_W$	$R_Z = N_I \cdot P_Z \cdot L_Z$

3.1.1.7. Xác định hệ số tổn thất L_X

a. Tổn thất về con người (L1):

Bảng 3.5: Dạng tổn thất L1: giá trị tổn thất cho mỗi vùng

Dạng thiệt hại	Tổn thất tiêu biểu
D1	$L_A = r_t \cdot L_T \cdot n_z/n_t \cdot t_z/8760$
D2	$L_U = r_t \cdot L_T \cdot n_z/n_t \cdot t_z/8760$
D3	$L_B = L_V = r_p \cdot r_f \cdot h_z \cdot L_F \cdot n_z/n_t \cdot t_z/8760$
D4	$L_C = L_M = L_W = L_Z = L_O \cdot n_z/n_t \cdot t_z/8760$

Khi thiệt hại tới công trình do sét liên quan đến vùng hay môi trường xung quanh công trình, tổn thất bổ sung (L_E) nên được xem xét để xác định tổn thất tổng (L_{FT}):

$$L_{FT} = L_F + L_E \quad (3.30)$$

Với: $L_E = L_{FE} \cdot t_e / 8760$ (3.31)

Trong đó: L_{FE} là tổn thất do thiệt hại vật chất bên ngoài công trình; t_e là thời gian có mặt của con người trong vùng bị nguy hiểm bên ngoài công trình. Nếu giá trị L_{FE} và t_e không biết thì có thể giả sử $L_{FE} \cdot t_e / 8760 = 1$.

b. *Tổn thất trong dịch vụ công cộng (L2):*

Bảng 3.6 : Dạng tổn thất L2 - Giá trị tổn thất cho mỗi vùng

Dạng thiệt hại	Tổn thất tiêu biểu
D2	$L_B = L_V = r_p \cdot r_f \cdot L_F \cdot n_z / n_t$
D3	$L_C = L_M = L_W = L_Z = L_O \cdot n_z / n_t$

Giá trị trung bình tiêu biểu L_F và L_O cho dạng tổn thất L2 (bảng 18 phụ lục 1).

c. *Tổn thất về di sản văn hóa (L3):*

Bảng 3.7: Dạng thiệt hại L3 – giá trị tổn thất cho mỗi vùng

Dạng thiệt hại	Giá trị tổn thất tiêu biểu
D2 Thiệt hại vật chất	$L_B = L_V = r_p \cdot r_f \cdot L_F \cdot c_z / c_t$

d. *Tổn thất kinh tế (L4):*

Bảng 3.8: Dạng thiệt hại L4 – giá trị tổn thất cho mỗi vùng

Dạng thiệt hại	Tổn thất tiêu biểu
D1	$L_A = r_t \cdot L_T \cdot c_d / c_t$
D1	$L_U = r_t \cdot L_T \cdot c_d / c_t$
D2	$L_B = L_V = r_p \cdot r_t \cdot L_F \cdot (c_a + c_b + c_c + c_s) / c_t$
D3	$L_C = L_M = L_W = L_Z = L_O \cdot c_s / c_t$

Khi thiệt hại tới công trình do sét liên quan đến vùng hay môi trường xung quanh công trình, tổn thất bổ sung (L_E) nên được xem xét để xác định tổn thất tổng (L_{FT}):

$$L_{FT} = L_F + L_E \quad (3.32)$$

Với: $L_E = L_{FE} \cdot c_e / c_t$ (3.33)

Trong đó: L_{FE} là tổn thất do thiệt hại vật chất bên ngoài công trình; c_e là tổng giá trị hàng hóa trong những nơi nguy hiểm bên ngoài công trình. Nếu giá trị L_{FE} không biết thì nên giả sử $L_{FE} = 1$.

Giá trị tiêu biểu L_F cho dạng thiệt hại L4 (bảng 20 phụ lục 1).

3.1.2. Đánh giá rủi ro thiệt hại do sét theo tiêu chuẩn AS/NZS 1768

3.1.2.1. Phạm vi

Đánh giá rủi ro theo tiêu chuẩn AS/NZS 1768 [3] có thể áp dụng để quản lí rủi ro gây ra do phóng điện sét.

3.1.2.2. Các dạng rủi ro do sét

Các loại rủi ro do sét gây ra cho một công trình bao gồm một hoặc các yếu tố sau: R_1 là rủi ro thiệt hại về cuộc sống con người; R_2 là rủi ro thiệt hại về dịch vụ công cộng; R_3 là rủi ro thiệt hại về di sản văn hóa; R_4 là rủi ro thiệt hại về giá trị kinh tế.

3.1.2.3. Giá trị rủi ro chấp nhận được

Bảng 3.9: Những giá trị rủi ro chấp nhận được (R_a) tiêu biểu

Dạng thiệt hại	R_a
Con người	10^{-5}
Dịch vụ công cộng	10^{-3}
Di sản văn hóa	10^{-3}

3.1.2.4. Thiệt hại do sét

a. Nguyên nhân thiệt hại:

Những nguyên nhân gây ra thiệt hại liên quan đến vị trí sét đánh được xem xét bao gồm: C₁ sét đánh trực tiếp vào công trình; C₂ sét đánh xuống đất gần công trình; C₃ là sét đánh trực tiếp vào các đường dây dịch vụ kết nối đến công trình; C₄ sét đánh gần các đường dây dịch vụ kết nối đến công trình.

b. Dạng thiệt hại:

Trong thực tế để đánh giá rủi ro, cần phân biệt giữa ba loại thiệt hại cơ bản do sét gây ra: D₁ là thiệt hại liên quan đến tổn thương cho con người do điện áp tiếp xúc, điện áp bước hay phóng điện từ các tia sét; D₂ là thiệt hại do cháy, nổ, phá hủy cơ học, sự phát thải các chất hóa học hay các loại khí do hiệu ứng vật lý từ các kênh sét; D₃ là thiệt hại do những sự cố trong hệ thống điện, điện tử do quá áp sét gây ra.

c. Hậu quả thiệt hại:

Đối với một công trình cụ thể, hậu quả sau thiệt hại do sét được xem xét đến các tổn thất: L₁ là tổn thất đời sống con người; L₂ là tổn thất trong các dịch vụ công cộng; L₃ là tổn thất trong các di sản văn hóa; L₄ là tổn thất về giá trị kinh tế (công trình hay các hoạt động bên trong)

3.1.2.5. Rủi ro do sét

a. Những thành phần rủi ro:

C1 - Sét đánh trực tiếp vào công trình có thể tạo ra:

- Thành phần rủi ro R_h ảnh hưởng đến sự sống (D1).
- Thành phần rủi ro R_s ảnh hưởng cơ, hóa xảy ra bên trong công trình (D2).
- Thành phần rủi ro R_w gây ra lỗi trong các hệ thống điện, điện tử (D3).

C2 - Sét đánh xuống đất gần công trình có thể tạo ra:

- Thành phần rủi ro R_m gây ra những sự cố trong hệ thống điện, điện tử (D3).

C3 - Sét đánh trực tiếp vào những đường dây dịch vụ có thể tạo ra:

- Thành phần rủi ro R_g ảnh hưởng đến sự sống con người trong công trình (D1).
- Thành phần rủi ro R_c do ảnh hưởng cơ học hay nhiệt bên trong công trình (D2).
- Thành phần rủi ro R_e do quá áp gây ra lỗi cho hệ thống điện, điện tử bên trong (D3).

C4 - Sét đánh xuống đất gần các đường dây dẫn đi vào công trình có thể tạo ra:

- Thành phần rủi ro R_l do quá áp cảm ứng truyền qua đường dây dịch vụ đi vào công trình, gây ra lỗi cho hệ thống điện, điện tử bên trong (D3).

Giá trị rủi ro tổng R do sét gây ra có thể được trình bày cụ thể như sau:

- Liên quan đến sét đánh:

$$R = R_d + R_i \quad (3.34)$$

$$\text{Rủi ro do sét đánh trực tiếp vào công trình: } R_d = R_h + R_s + R_w \quad (3.35)$$

$$\text{Rủi ro do sét đánh gián tiếp vào công trình: } R_i = R_g + R_c + R_m + R_e + R_l \quad (3.36)$$

- Liên quan đến thiệt hại:

$$R = R_f + R_o \quad (3.37)$$

$$\text{Rủi ro do điện giật ảnh hưởng đến sự sống (D1): } R_f = R_h + R_g \quad (3.38)$$

Rủi ro do cháy, nổ, phá hủy cơ học, phát thải hóa học (D2):

$$R_f = R_s + R_c \quad (3.39)$$

Rủi ro do sự cố của hệ thống điện, điện tử bên trong gây ra bởi quá áp sét (D3):

$$R_o = R_w + R_m + R_e + R_l \quad (3.40)$$

b. Biểu thức tính toán rủi ro:

Mỗi thành phần rủi ro R_x phụ thuộc vào số lượng xuất hiện nguy hiểm N_x , xác suất thiệt hại P_x và hệ số thiệt hại δ_x . Giá trị mỗi thành phần rủi ro R_x có thể được tính bởi công thức tổng quát như sau:

$$R_x = N_x \cdot P_x \cdot \delta_x \quad (3.41)$$

- Thiệt hại về sự sống con người (L1):

$$\delta_x = \frac{n}{n_t} \cdot \frac{t}{8760} \quad (\text{liên quan đến số lượng những nạn nhân}) \quad (3.42)$$

Trong đó: n là số lượng nạn nhân có thể bị sét đánh; n_t là tổng số người dự đoán có mặt bên trong công trình; t là thời gian mà con người có mặt ở những nơi nguy hiểm, tính bằng giờ trên năm (8760).

- Thiệt hại không thể chấp nhận được cho dịch vụ công cộng (L2):

$$\delta_x = \frac{n}{n_t} \cdot \frac{t}{8760} \quad (\text{liên quan đến số thiệt hại có thể}) \quad (3.43)$$

Trong đó: n là số người không sử dụng dịch vụ khi có sự cố; n_t là tổng số người sử dụng dịch vụ; t là thời gian hằng năm dịch vụ thiệt hại, tính bằng giờ.

- Thiệt hại di sản văn hóa (L3):

$$\delta_x = \frac{c}{c_t} \quad (\text{liên quan đến số thiệt hại có thể}) \quad (3.44)$$

Trong đó: c là giá trị bảo hiểm cho những hiện vật có thể bị thiệt hại (số tiền); c_t là tổng giá trị bảo hiểm cho tất cả các hiện vật có mặt bên trong công trình (số tiền).

Thiệt hại về kinh tế (L4):

$$\delta_x = \frac{c}{c_t} \quad (\text{liên quan đến số thiệt hại có thể}) \quad (3.45)$$

Trong đó: c là giá trị thiệt hại của công trình; c_t là tổng giá trị của công trình.

c. Những thành phần rủi ro do sét đánh trực tiếp vào công trình (C1):

1- Thành phần rủi ro R_h :

Thành phần rủi ro R_h do điện áp tiếp xúc và điện áp bước bên ngoài công trình, gây ra điện giật ảnh hưởng đến sự sống (D1):

$$R_h = N_d \cdot P_h \cdot \delta_h \quad (3.46)$$

$$N_d = N_G \cdot A_d \cdot C_D \cdot 10^{-6} \quad (3.47)$$

$$A_d = L \cdot W + 6 \cdot H \cdot (L + W) + 9 \cdot \pi \cdot H^2 \quad (3.48)$$

$$P_h = k_1 \cdot p_h \cdot p_s \quad (3.49)$$

2- Thành phần rủi ro R_s :

Thành phần rủi ro R_s do những ảnh hưởng cơ học hoặc nhiệt độ dòng sét tạo ra bên trong công trình (D2):

$$R_s = N_d \cdot P_s \cdot \delta_f \cdot k_h \quad (3.50)$$

$$P_s = k_f \cdot p_f \cdot (k_1 \cdot p_s + P_{ewd}) \quad (3.51)$$

$$P_{ewd} = k_5 \cdot P_{etc} \quad (3.52)$$

Tổng xác suất dây dẫn bên ngoài mang xung sét gây ra thiệt hại về vật chất (nếu $P_{etc} > 1$, thì chọn giá trị $P_{etc} = 1$):

$$P_{etc} = P_{e0} + n_{oh} \cdot P_{e1} + n_{ug} \cdot P_{e2} \quad (3.53)$$

3- Thành phần rủi ro R_w :

Thành phần rủi ro R_w do quá áp cho các thiết bị lắp đặt bên trong hay những đường dây dịch vụ kết nối công trình gây ra lỗi trong hệ thống điện, điện tử (D3):

$$R_w = N_d \cdot P_w \cdot \delta_o \cdot k_h \quad (3.54)$$

$$P_w = 1 - (1 - k_1 \cdot p_s \cdot p_i \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_w) \cdot (1 - P_{wedo}) \quad (3.55)$$

$$P_{wedo} = k_w \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot P_{etc} \quad (3.56)$$

Với P_{etc} là tổng xác suất dây dẫn bên ngoài mang xung sét gây ra thiệt hại về vật chất.

d. Thành phần rủi ro do sét đánh gần công trình (C2):

Thành phần rủi ro R_m do quá áp của các hệ thống bên trong và các thiết bị (cảm ứng do trường điện từ kết hợp với dòng sét) gây ra những sự cố trong hệ thống điện, điện tử (D3)

$$R_m = N_m \cdot P_m \cdot \delta_o \cdot k_h \quad (3.57)$$

- Số lần trung bình sét đánh gần công trình gây ra những sự cố nguy hiểm cho công trình N_m có thể được xác định như sau:

$$N_m = N_G \cdot A_m \cdot 10^{-6} \quad (3.58)$$

- Vùng tập trung tương đương bị ảnh hưởng bởi quá áp khi sét đánh gần công trình:

$$A_m = L \cdot W + 2 \cdot 250 \cdot (L + W) + \pi \cdot 250^2 \quad (3.59)$$

- Giá trị xác suất P_m được tính như sau:

$$P_m = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_w \cdot p_s \cdot p_i \quad (3.60)$$

e. Thành phần rủi ro do sét đánh trực tiếp vào những đường dây dịch vụ kết nối đến công trình (C3):

1- Thành phần rủi ro R_g

Thành phần rủi ro R_g do điện áp tiếp xúc truyền qua các đường dây dịch vụ gây ra điện giật ảnh hưởng đến sự sống con người bên trong công trình (D1).

$$R_g = P_g \cdot (N_{c1p} \cdot P_{c1p} + N_{c1} \cdot P_{c1} + N_{c2p} \cdot P_{c2p} + N_{c2} \cdot P_{c2}) \cdot \delta_g \quad (3.61)$$

- Số lần trung bình sét đánh trực tiếp vào đường dây điện trên không N_{c1p} được xác định như sau:

$$N_{c1p} = N_G \cdot A_{c1} \cdot C_{t0} \cdot C_s \quad (3.62)$$

$$N_{c1} = N_G \cdot A_{c1} \cdot C_{t1} \cdot C_s \quad (3.63)$$

$$A_{c1} = 2 \cdot D_{c1} \cdot L_{c1} \quad (3.64)$$

$$D_{c1} = 3 \cdot H_{c1} \quad (3.65)$$

$$N_{c2p} = N_G \cdot A_{c2} \cdot C_{t0} \cdot C_s \quad (3.66)$$

$$N_{c2} = N_G \cdot A_{c2} \cdot C_{t0} \cdot C_s \quad (3.67)$$

$$A_{c2} = 2 \cdot D_{c2} \cdot L_{c2} \quad (3.68)$$

$$D_{c2} = 0,2 \cdot \sqrt{\rho_2} \quad (3.69)$$

$$P_{c1p} = n_{ohp} \cdot k_5 \cdot P_{eo} \quad (3.70)$$

$$P_{c1} = n_{oh} \cdot k_5 \cdot P_{e1} \quad (3.71)$$

$$P_{c2p} = n_{ugp} \cdot k_5 \cdot P_{eo} \quad (3.72)$$

$$P_{c2} = n_{ug} \cdot k_5 \cdot P_{e2} \quad (3.73)$$

2- Thành phần rủi ro R_c

Thành phần rủi ro R_c do những ảnh hưởng cơ học hay nhiệt bao gồm những nguy hiểm do phóng điện giữa những thiết bị hay các bộ phận lắp đặt bên trong công trình và những thành phần bằng kim loại (tạo ra ở những điểm ngõ vào của những đường dây đi vào công trình) gây ra cháy, nổ, những ảnh hưởng cơ, hóa bên trong công trình (D2).

$$R_{c1} = k_f p_f (N_{c1p} P_{c1p} + N_{c1} P_{c1} + N_{c2p} P_{c2p} + N_{c2} P_{c2}) \cdot \delta_o \cdot k_h \quad (3.74)$$

3- Thành phần rủi ro R_e

Thành phần rủi ro R_e do quá áp truyền qua đường dây dịch vụ đi vào công trình, gây ra lỗi cho hệ các hệ thống điện, điện tử bên trong (D3).

$$R_{e1} = k_w \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot (N_{c1p} P_{c1p} + N_{c1} P_{c1} + N_{c2p} P_{c2p} + N_{c2} P_{c2}) \cdot \delta_o \cdot k_h \quad (3.75)$$

f. Thành phần rủi ro do sét đánh gần những đường dây dịch vụ kết nối đến công trình (C4):

Thành phần rủi ro R_l do quá áp cảm ứng truyền qua đường dây dịch vụ đi vào công trình, gây ra lỗi cho hệ thống điện, điện tử bên trong (D3):

$$R_l = (N_{l1p} P_{l1p} + N_{l1} P_{l1} + N_{l2p} P_{l2p} + N_{l2} P_{l2}) \cdot \delta_o \cdot k_h \quad (3.76)$$

- Số lần trung bình sét đánh gần đường dây điện trên không có thể gây ra những quá áp cảm ứng nguy hiểm:

$$N_{l1p} = N_G \cdot A_{l1} \cdot C_{l0} \cdot C_s \quad (3.77)$$

- Số lần trung bình sét đánh gần đường dây dịch vụ trên không có thể gây ra những quá áp cảm ứng nguy hiểm:

$$N_{l1} = N_G \cdot A_{l1} \cdot C_{l1} \cdot C_s \quad (3.78)$$

- Số lần trung bình sét đánh gần đường dây điện đi ngầm có thể gây ra những quá áp cảm ứng nguy hiểm:

$$N_{l2p} = N_G \cdot A_{c2} \cdot C_{l0} \cdot C_s \quad (3.79)$$

- Số lần trung bình sét đánh gần đường dây dịch vụ đi ngầm có thể gây ra những quá áp cảm ứng nguy hiểm:

$$N_{l2} = N_G \cdot A_{l2} \cdot C_{l2} \cdot C_s \quad (3.80)$$

- Vùng tập trung tương đương do sét đánh gần những đường dây trên không có thể gây ra những quá áp nguy hiểm:

$$A_{l1} = 2 \cdot D_{l1} \cdot L_1 \quad (3.81)$$

$$D_{l1} = 500 \cdot \sqrt{\rho_1} \quad (3.82)$$

- Vùng tập trung tương đương do sét đánh gần những đường dây đi ngầm có thể gây ra những quá áp nguy hiểm:

$$A_{l2} = 2 \cdot D_{l2} \cdot L_2 \quad (3.83)$$

$$D_{l2} = 250 \cdot \sqrt{\rho_2} \quad (3.84)$$

- Xác suất sét đánh gần những đường dây điện trên không có thể gây ra những quá áp cảm ứng nguy hiểm:

$$P_{i1p} = n_{ohp} \cdot k_w \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot p_{e0} \quad (3.85)$$

- Xác suất sét đánh gần những đường dây dịch vụ trên không có thể gây ra những quá áp cảm ứng nguy hiểm:

$$P_{i1} = n_{ohp} \cdot k_w \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot p_{e1} \quad (3.86)$$

- Xác suất sét đánh gần những đường dây điện đi ngầm có thể gây ra những quá áp cảm ứng nguy hiểm:

$$P_{i2p} = n_{ugp} \cdot k_w \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot p_{e0} \quad (3.87)$$

- Xác suất sét đánh gần những đường dây dịch vụ đi ngầm có thể gây ra những quá áp cảm ứng nguy hiểm:

$$P_{i2} = n_{ug} \cdot k_w \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot p_{e2} \quad (3.88)$$

3.1.2.6. Phương pháp đánh giá, quản lý rủi ro

a. Phương pháp đánh giá rủi ro:

1- Xác định công trình hay tiện ích cần được bảo vệ.

2- Xác định tất cả các yếu tố vật chất khác có liên quan, các hệ số về môi trường và các hệ số lắp đặt dịch vụ áp dụng cho công trình.

3- Xác định tất cả các loại thiệt hại liên quan đến công trình.

Cho hầu hết những công trình, chỉ L1 (thiệt hại về con người) và L4 (thiệt hại về kinh tế) sẽ cần được xem xét. L3 (thiệt hại di sản văn hóa) thì áp dụng cho các viện bảo tàng, nhà trưng bày, các tòa nhà di sản trong khi L2 (thiệt hại về dịch vụ công cộng) áp dụng đối với những công trình liên quan đến việc cung cấp các tiện ích dịch vụ công cộng như nước, khí đốt, điện và viễn thông.

4- Cho mỗi thiệt hại liên quan đến công trình, xác định những hệ số thiệt hại δ_x liên quan và những hệ số nguy hiểm đặc biệt.

5- Cho mỗi thiệt hại liên quan đến công trình, xác định rủi ro lớn nhất cho phép R_a .

6- Cho mỗi thiệt hại liên quan đến công trình, tính toán rủi ro do sét:

i. Xác định các thành phần cấu thành rủi ro R_x .

ii. Tính toán xác định những thành phần rủi ro R_x .

iii. Tính toán rủi ro tổng R do sét gây ra.

7- So sánh giá trị rủi ro tổng R với giá trị rủi ro cho phép R_a ứng với mỗi loại thiệt hại liên quan đến công trình.

Nếu $R \leq R_a$ không cần đề xuất bảo vệ chống sét.

Nếu $R > R_a$ cần xem xét đề xuất giải pháp trang bị biện pháp bảo vệ chống sét.

b. Bảo vệ chống sét đánh trực tiếp nếu $R_d > R_a$:

Khi rủi ro do sét đánh trực tiếp cao hơn giá trị rủi ro cho phép ($R_d > R_a$), công trình nên áp dụng các biện pháp bảo vệ chống sét đánh trực tiếp, với một hệ thống bảo vệ chống sét (LPS) được thiết kế và lắp đặt thích hợp.

Để xác định mức độ bảo vệ cần thiết, tính toán cuối cùng cho bảo vệ công trình có thể được lặp đi lặp lại liên tục cho các mức độ bảo vệ cấp IV, III, II, I cho đến khi thỏa điều kiện $R_d < R_a$. Có thể bao gồm các biện pháp như sau:

1- Các biện pháp hạn chế điện áp tiếp xúc và điện áp bước;

2- Các biện pháp hạn chế sự cháy lan;

3- Các biện pháp giảm thiểu ảnh hưởng của quá áp cảm ứng (ví dụ: lắp đặt, phối hợp các thiết bị bảo vệ xung, sử dụng máy biến áp cách ly);

4- Các biện pháp giảm tỷ lệ các sự cố phóng điện nguy hiểm.

c. Bảo vệ chống sét đánh gián tiếp nếu $R_d \leq R_i$ nhưng $R_i > R_a$:

Khi $R_d \leq R_i$ thì công trình được bảo vệ chống sét đánh trực tiếp. Tuy nhiên, rủi ro do sét đánh gián tiếp lớn hơn rủi ro cho phép ($R_i > R_a$) thì công trình cần được bảo vệ chống lại những ảnh hưởng do sét đánh gián tiếp.

Các biện pháp bảo vệ có thể bao gồm:

1- Áp dụng các biện pháp bảo vệ xung hợp lý trên tất cả các đường dây dịch vụ (cáp điện, viễn thông, cáp đồng trục) ở các ngõ vào công trình (bảo vệ xung sơ cấp ở ngõ vào).

2- Áp dụng các biện pháp bảo vệ xung hợp lý trên tất cả các ngõ vào thiết bị (bảo vệ xung thứ cấp ở thiết bị).

Để xác định biện pháp bảo vệ cần thiết, việc tính toán cuối cùng cho bảo vệ công trình cần phải được lặp lại với một hay nhiều các biện pháp bảo vệ thay thế cho đến khi thỏa điều kiện $R_i < R_a$.

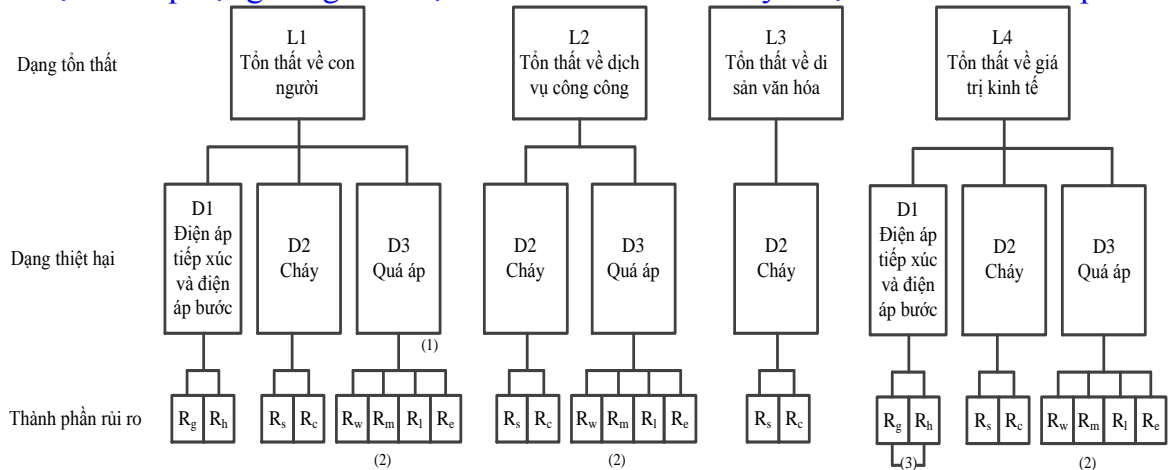
d. Kiểm tra cuối cùng nếu $R_d + R_i > R_a$:

Khi $R_d \leq R_a$ và $R_i \leq R_a$ vẫn còn có khả năng rủi ro tổng $R = R_d + R_i > R_a$.

Tuy nhiên, do $R > R_a$, các biện pháp bảo vệ cần được xem xét giảm thiểu một hoặc nhiều hơn các thành phần rủi ro để giảm rủi ro tổng $R \leq R_a$. Những thông số quan trọng cần phải được xác định để xác định được các biện pháp hiệu quả nhất nhằm làm giảm rủi ro R .

Cho mỗi dạng thiệt hại sẽ có các biện pháp bảo vệ riêng lẻ hay kết hợp, để thỏa điều kiện $R \leq R_a$.

Những biện pháp bảo vệ làm cho $R \leq R_a$ cho tất cả các loại tổn thất phải được xác định và áp dụng cùng với việc xem xét các vấn đề kỹ thuật và kinh tế liên quan.



- (1) Chỉ áp dụng cho bệnh viện hay những công trình với rủi ro phát nổ.
- (2) Chỉ cho những công trình với hệ thống các thiết bị điện tử nhạy cảm.
- (3) Chỉ cho những công trình liên quan đến chăn nuôi gia súc và động vật có giá trị.

Hình 3.1: Những tổn thất, thiệt hại và những thành phần rủi ro

3.1.3. Đánh giá rủi ro thiệt hại do sét theo tiêu chuẩn NFPA-780

3.1.3.1. Phạm vi

▪ Tiêu chuẩn NFPA-780 [5] đưa ra những quy định cho việc thiết kế, lắp đặt hệ thống bảo vệ chống sét cho những dạng công trình như:

- Những công trình thông thường.
- Những công trình hỗn hợp và đặc biệt.
- Những công trình công nghiệp.
- Tàu thuyền.
- Những công trình chứa hơi dễ cháy, khí gas, hay chất lỏng có thể tạo ra khí dễ cháy.

3.1.3.2. Mục đích

Mục đích của tiêu chuẩn này là cung cấp những hướng dẫn an toàn trong việc bảo vệ con người, tài sản khỏi những mối nguy hiểm phát sinh khi đối mặt với những nguy hiểm từ sét.

3.1.3.3. Đánh giá rủi ro do sét gây ra

Phương pháp đánh giá rủi ro do sét gây ra được cung cấp để hỗ trợ những người chủ sử dụng các công trình xây dựng hoặc những kiến trúc sư/kỹ sư trong việc xác định các rủi ro thiệt hại do sét. Khi rủi ro được xác định sẽ quyết định về sự cần thiết đối với các biện pháp bảo vệ chống sét. Phương pháp đánh giá rủi ro trong tiêu chuẩn chỉ xét

đến những thiệt hại gây ra do sét đánh trực tiếp vào một công trình xây dựng hoặc công trình được bảo vệ và dòng sét truyền qua hệ thống bảo vệ chống sét.

Bảng 3.10: Một số dạng thiệt hại khi sét đánh vào những công trình tiêu biểu

Dạng công trình	Những thiệt hại
Nhà riêng	Hư hỏng các thiết bị điện tử, thiệt hại do cháy gần những điểm sét đánh vào hay những vật dẫn dòng sét.
Nông trại	Rủi ro về cháy hay phóng điện nguy hiểm. Rủi ro từ hậu quả do sự cố trong hệ thống điện: hệ thống thông gió, phân phối thức ăn. Rủi ro do điện áp bước.
Rạp hát, trường học, các cửa hàng bán lẻ lớn, các khu vực thể thao	Rủi ro do hoản sợ và cháy, những hệ thống cảnh báo, sự cố trong hệ thống điện, hệ thống làm mát liên quan đến sự sống.
Các ngân hàng, các công ty bảo hiểm, doanh nghiệp, bệnh viện, viện dưỡng lão	Hoản sợ, vấn đề di tản, những hệ thống cảnh báo, sự cố trong hệ thống điện, hệ thống làm mát liên quan đến sự sống. Thiệt hại hệ thống máy tính, các thiết bị điện tử.
Những công trình công nghiệp	Thiệt hại những sản phẩm, mất nguồn cấp dữ liệu, thiệt hại do hậu quả từ những vật liệu dễ cháy, vật liệu nổ. Thiệt hại hệ thống máy tính, các thiết bị điện tử.
Viện bảo tàng và những địa điểm văn hóa	Mất mát những giá trị di sản văn hóa không thể thay thế được.

3.1.4. Đánh giá rủi ro thiệt hại do sét cho trạm viễn thông theo ITU-T K.39

3.1.4.1. Tổng quát

Trạm viễn thông và những hệ thống thông tin chứa đựng một số lượng lớn các thiết bị điện tử, đặc biệt là các thiết bị điện tử nhạy sét.

Theo ITU-T K39 [17], rủi ro thiệt hại do sét chủ yếu phụ thuộc vào những yếu tố sau:

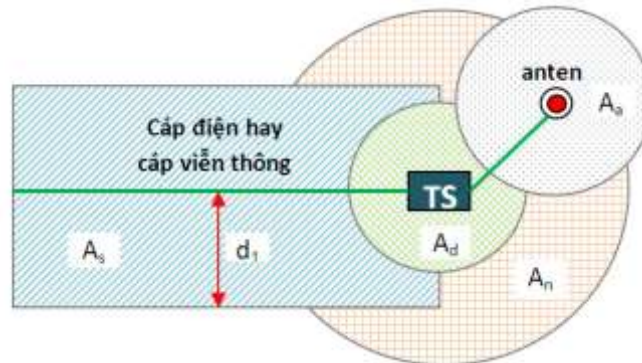
- Loại đường dây dịch vụ đi vào nhà trạm, đặt biệt là đường dây điện và các đường dây viễn thông;
- Kích thước, hình dáng của nhà trạm chứa đựng các thiết bị và hiệu quả bảo vệ của vật liệu xây dựng nhà trạm;
- Cách bố trí các thiết bị điện tử như định tuyến cáp và áp dụng các biện pháp bảo vệ che chắn bên trong;
- Những biện pháp bảo vệ, tích hợp trong xây dựng tòa nhà, khả năng bảo vệ vốn có của các thiết bị hay giao tiếp giữa bên trong và bên ngoài của những tuyến cáp.

Thiệt hại vật chất của các trạm viễn thông chủ yếu là thiệt hại phần cứng của thiết bị điện tử do quá áp và quá dòng trên những đường dây dịch vụ kết nối đến thiết bị. Ngoài ra sét đánh trực tiếp vào nhà trạm có thể gây ra thiệt hại lớn cho nhà trạm bởi cháy, nổ hoặc sự phá hủy vật lý khác. Trong trường hợp này các thiết bị bên trong thường bị thiệt hại nghiêm trọng.

Ngoài ra phần mềm của hệ thống có thể bị phá hủy hoặc bị ảnh hưởng một phần, như mất đi những dữ liệu lưu trữ hay gây ra những tín hiệu cảnh báo không chính xác.

Tuy nhiên, hậu quả nghiêm trọng nhất do ảnh hưởng của một cơn dông sét thường là sự thiệt hại về dịch vụ thông tin liên lạc dẫn đến thiệt hại kinh tế cho cả các thuê bao và các nhà mạng viễn thông.

3.1.4.2. Xác định những vùng rủi ro



Hình 3.2: Các vùng rủi ro do sét gây ra cho trạm viễn thông

- A_d là diện tích rủi ro tương đương khi sét đánh trực tiếp vào nhà trạm:

$$A_d = ab + 6h(a + b) + \pi(3h)^2 \quad (3.94)$$

Với a, b, h , tương ứng là chiều dài, chiều rộng, chiều cao của nhà trạm.

- A_n là diện tích rủi ro hình thành do sét đánh xuống mặt đất khu vực xung quanh nhà trạm và thường được tính trong phạm vi một đường tròn bán kính $d(m)$. Giá trị d liên quan trực tiếp tới giá trị điện trở suất của đất (Ωm), giá trị d được giả sử tối đa bằng $500m$.

$$A_n = \pi d^2 \quad (3.95)$$

- A_a là diện tích rủi ro hình thành do sét đánh trực tiếp vào cột anten, là diện tích hình tròn có bán kính $3h_{anten}$

$$A_a = \pi(3h_{anten})^2 \quad (3.96)$$

- A_s là diện tích rủi ro sét lan truyền trên đường dây cáp nguồn và cáp thông tin tới thiết bị, đối với cáp quang phi kim loại phần diện tích này sẽ bằng 0.

$$A_s = 2d_1L \quad (3.97)$$

Với L là chiều dài đường dây, d_1 là khoảng cách từ đường dây mà sét đánh xuống đất có thể gây ra sét lan truyền trên đường dây, giá trị d_1 đối với đường dây đi ngầm giả sử bằng $250m$ và đối với đường dây trên không giả sử bằng $1000m$.

Khi tính toán xác định các vùng rủi ro thì các vùng diện tích rủi ro khác nhau có thể bao bọc lẫn nhau, diện tích rủi ro A_s cho những đường dây dịch vụ kết nối tới trạm được giả định là được ưu tiên so với A_n khi sét đánh xuống mặt đất khu vực xung quanh nhà trạm, những điều trên cần được xem xét khi diện tích rủi ro tổng được tính toán. Ngoài ra, công trình cao hơn đến một mức độ nhất định sẽ bảo vệ công trình gần đó thấp hơn hoặc các khu vực rủi ro khác khi sét đánh trực tiếp.

3.1.4.3. Xác định xác suất thiệt hại p

Mỗi hệ số xác suất p phụ thuộc vào các đặc điểm bảo vệ tự nhiên của nhà trạm, tháp anten, những đường dây dịch vụ (vật liệu xây dựng, đường dây trên không hay đi ngầm) và còn phụ thuộc vào các biện pháp bảo vệ cụ thể được cung cấp tại nhà trạm, trên những đường dây dịch vụ hay ở điểm đầu vào các thiết bị (các thiết bị bảo vệ xung, cáp bọc giáp và các kỹ thuật cách ly. Trong nhiều trường hợp, nơi mà có nhiều các biện pháp được áp dụng (p_i), hệ số xác suất được tính như sau:

$$p = \prod p_i, (p_i \leq 1) \quad (3.98)$$

3.1.4.4. Xác định tần suất thiệt hại F

Liên quan tới vị trí sét đánh và mật độ sét khu vực, tổng tần suất thiệt hại do sét gây ra cho trạm viễn thông được tính như sau:

$$F_{total} = N_g(A_d p_d + A_a p_a + A_n p_n + A_s p_s) = F_d + F_a + F_n + F_s \quad (3.99)$$

Ngoài ra tần suất thiệt hại do sét đánh trực tiếp:

$$F_{direct} = F_d + F_a \quad (3.100)$$

Và tần suất thiệt hại do sét đánh gián tiếp:

$$F_{indirect} = F_n + F_s \quad (3.101)$$

Các giá trị khác nhau của xác suất p phụ thuộc vào các biện pháp bảo vệ hay đặc điểm nhà trạm (p_d, p_n), tháp anten (p_a) và trên các đường dây dịch vụ (p_s), tất cả đều làm giảm xác suất thiệt hại tính toán.

3.1.4.5. Trọng số tổn thất δ

Trọng số tổn thất thể hiện hậu quả từ ảnh hưởng thiệt hại do sét đánh trực tiếp hay gián tiếp. Nó đại diện cho những thiệt hại ước tính hàng năm của một khu vực. Các giá trị δ có thể khác nhau, đối với rủi ro tổn thương về con người giá trị δ_{injury} được cho bằng 1, với tổn thất dịch vụ $\delta_{loss} = 2,74 \cdot 10^{-3}$ thiệt hại vật chất do sét đánh trực tiếp $\delta_1 = 0,8$; thiệt hại vật chất do sét đánh gián tiếp $\delta_2 = 0,2$.

3.1.4.6. Tính toán rủi ro R

Rủi ro do sét gây ra cho trạm viễn thông bao gồm rủi ro tổn thương cho con người, rủi ro tổn thất dịch vụ và rủi ro thiệt hại về vật chất.

Rủi ro tổn thương đối với con người:

$$R_{injury} = F_{total} \cdot \delta_{injury} \quad (3.102)$$

Rủi ro tổn thất dịch vụ viễn thông:

$$R_{loss} = F_{total} \cdot \delta_{loss} \quad (3.103)$$

Rủi ro thiệt hại vật chất:

$$R_{damage} = F_{direct} \cdot \delta_1 + F_{indirect} \cdot \delta_2 \quad (3.104)$$

Sau khi tính toán các giá trị rủi ro, so sánh giá trị rủi ro vừa tính với giá trị rủi ro cho phép R_a tương ứng. Nếu $R_i \leq R_{ai}$ (cho mỗi thiệt hại liên quan đến nhà trạm) thì con người trong trạm, dịch vụ kết nối nhà trạm được bảo vệ khỏi những rủi ro từ sét. Ngược lại nếu $R_i > R_{ai}$ thì nhà trạm và những đường dây dịch vụ cần được trang bị các biện pháp bảo vệ chống sét bổ sung.

Giá trị rủi ro cho phép đối với các loại thiệt hại như sau:

Bảng 3.11: Các giá trị rủi ro cho phép

Dạng thiệt hại	Giá trị R_a
R_{injury}	10^{-5}
R_{loss}	10^{-4}
R_{damage}	10^{-3}

3.1.5. Đánh giá rủi ro thiệt hại do sét cho trạm viễn thông theo QCVN 32:2011/BTTTT

3.1.5.1. Những thiệt hại do sét đối với trạm viễn thông

Theo QCVN 32:2011/BTTTT [23], các dạng thiệt hại do sét gây ra cho trạm viễn thông bao gồm: Thiệt hại về con người; Thiệt hại vật lý; Hư hỏng các hệ thống điện – điện tử bên trong trạm.

3.1.5.2. Đánh giá rủi ro

a. Phân tích rủi ro:

Các biện pháp bảo vệ cho trạm phải dựa trên kết quả của việc nghiên cứu phân tích và đánh giá rủi ro những thiệt hại mà sét có thể gây ra và phụ thuộc vào một số yếu tố quan trọng như sau:

- Các dịch vụ đầu vào, đặc biệt là các loại cáp viễn thông, cáp điện lực nối với trạm.
- Hình dáng, kích thước của nhà trạm chứa các thiết bị và khả năng che chắn của nhà trạm đối với các tác động của sét.
- Sự thiết kế các hệ thống điện – điện tử bên trong trạm, cách bố trí và sử dụng che chắn bảo vệ các tuyến cáp bên trong.
- Các biện pháp bảo vệ, được tích hợp trong công trình của tòa nhà, vốn có của các thiết bị.

Rủi ro thiệt hại do sét đánh đối với các công trình viễn thông cũng phụ thuộc vào vị trí nguồn sét đánh

Sét tác động đến nhà trạm:

- Sét đánh trực tiếp trên các tòa nhà (S1);
- Sét đánh gần các tòa nhà (S2).

Sét tác động đến các tuyến dây dẫn nối với trạm:

- Sét đánh trực tiếp trên các tuyến cáp viễn thông và cáp điện lực;
- Sét đánh gần các tuyến cáp viễn thông và cáp điện lực.

b. Phương pháp tính rủi ro do sét:

- Tính toán rủi ro do sét gây ra đối với nhà trạm viễn thông:

Rủi ro do sét gây ra đối với nhà trạm viễn thông được tính theo công thức sau:

$$R_{injury} = L \cdot p_{inj} \sum F_i \quad (3.105)$$

$$R_{loss} = L \cdot \sum F_i \quad (3.106)$$

Trong đó: F_i là tần suất thiệt hại do sét gây ra đối với nhà trạm, do các nguyên nhân sét đánh trực tiếp vào nhà trạm, sét đánh vào cột anten kề bên, sét đánh xuống đất gần nhà trạm, sét lan truyền qua các đường dây đi vào nhà trạm; p_{inj} là xác suất giảm thiệt hại cho con người, do các biện pháp bảo vệ; L là trọng số tổn thất, thể hiện mức độ tổn thất trong một lần thiệt hại do sét gây ra đối với nhà trạm, rủi ro tổn thất về con người: $L = 1$, rủi ro tổn thất về dịch vụ: $L = 2,74 \cdot 10^{-3}$.

- Tính toán tần suất thiệt hại do sét gây ra đối với khu vực nhà trạm viễn thông:

Tần suất thiệt hại (F) tại một trạm viễn thông với mật độ sét của khu vực đặt trạm (N_g) khi xét đến hiệu quả của các biện pháp bảo vệ vốn có hoặc bổ sung, được xác định bằng công thức:

$$F = N_g (A_d \cdot p_d + A_n \cdot p_n + A_s \cdot p_s + A_a \cdot p_a) \quad (3.107)$$

Hay: $F = F_d + F_n + F_s + F_a \quad (3.108)$

Trong đó: N_g là mật độ sét đánh tại khu vực đặt trạm; p là các hệ số xác suất thiệt hại khác nhau phụ thuộc vào các biện pháp bảo vệ hiện có nhằm làm giảm tần suất thiệt hại (F)

Tần suất thiệt hại do sét đánh trực tiếp vào nhà trạm:

$$F_d = N_g \cdot A_d \cdot p_d \quad (3.109)$$

Tần suất thiệt hại do sét đánh xuống đất gần khu vực trạm:

$$F_n = N_g \cdot A_n \cdot p_n \quad (3.110)$$

Tần suất thiệt hại do sét đánh vào cáp hoặc vùng lân cận cáp dẫn vào trạm:

$$F_s = N_g \cdot A_s \cdot p_s \quad (3.111)$$

Tần suất thiệt hại do sét đánh trực tiếp vào các vật ở gần, như cột anten có liên kết bằng kim loại với nhà trạm viễn thông:

$$F_a = N_g \cdot A_a \cdot p_a \quad (3.112)$$

Diện tích rủi ro sét đánh trực tiếp vào nhà trạm viễn thông A_d :

$$A_d = (9 \cdot \pi \cdot h^2 + 6 \cdot a \cdot h + 6 \cdot b \cdot h + a \cdot b) \cdot 10^6 \quad (km^2) \quad (3.113)$$

Trong đó: a, b, h tương ứng là chiều rộng, chiều dài và chiều cao của nhà trạm viễn thông (m); A_n là diện tích rủi ro do sét đánh xuống đất cạnh nhà trạm làm tăng điện thế đất ảnh hưởng đến trung tâm viễn thông. A_n được tính bằng diện tích của một miền tạo bởi một đường cách nhà một khoảng cách $d=500 m$, trừ đi diện tích rủi ro do sét đánh trực tiếp vào nhà A_d ; A_s là diện tích rủi ro do sét đánh xuống các đường cáp (thông tin, điện lực) dẫn vào trạm.

Trường hợp tổng quát, cáp dẫn vào nhà trạm viễn thông gồm các loại treo và chôn, diện tích A_s được tính bằng công thức:

$$A_s = 2 \cdot \sum_{i=1}^n l_i d_i \quad (3.114)$$

Trong đó: l_i là chiều dài của mỗi đoạn đường dây (m); d_i là khoảng cách tương ứng của mỗi đoạn (m), đối với cáp trên không $d_i=1000 m$, đối với cáp ngầm $d_i=250m$; n là số đoạn đường dây chôn ngầm hoặc treo nổi; A_a là diện tích rủi ro sét đánh trực tiếp vào cột anten có liên kết bằng kim loại với nhà trạm, đối với cột anten có dạng tháp diện tích A_a được tính tương tự như A_d , đối với cột anten là cột trụ tròn, cột tam giác, cột tứ giác có dây néo và kích thước nhỏ, A_a được tính bằng diện tích hình tròn bán kính $3h$ (h là chiều cao tháp anten):

$$A_a = \pi \cdot (3h)^2 \quad (3.115)$$

- Xác định các hệ số xác suất thiệt hại p :

Mỗi hệ số xác suất thiệt hại p thể hiện khả năng làm giảm số thiệt hại do sét của đặc tính bảo vệ tự nhiên của công trình lắp đặt và các biện pháp bảo vệ cho nhà trạm hoặc các biện pháp bảo vệ khác cả bên trong và bên ngoài (các thiết bị chống sét, lưới che chắn cáp, kỹ thuật cách ly...). Trong thiết kế chống sét, khi áp dụng một biện pháp bảo vệ sẽ giảm nhỏ xác suất hư hỏng do sét đánh tương ứng, thể hiện qua các hệ số p .

Nếu áp dụng một vài biện pháp bảo vệ cho một đối tượng thì hệ số xác suất thực sự sẽ bằng tích các giá trị riêng rẽ, có nghĩa là:

$$p_{tt} = \prod p_i \quad (\text{với } p_i \leq 1) \quad (3.116)$$

3.1.5.3. Giá trị rủi ro cho phép R_t đối với trạm viễn thông

Bảng 3.12: Giá trị rủi ro cho phép đối với nhà trạm viễn thông

Loại tổn thất	R_T (năm ⁻¹)
Rủi ro tổn thất về con người R_1	10^{-5}
Rủi ro tổn thất về dịch vụ R_2	10^{-3}

3.1.6. Hệ số che chắn và số lần sét đánh vào đường dây trên không theo tiêu chuẩn IEEE 1410

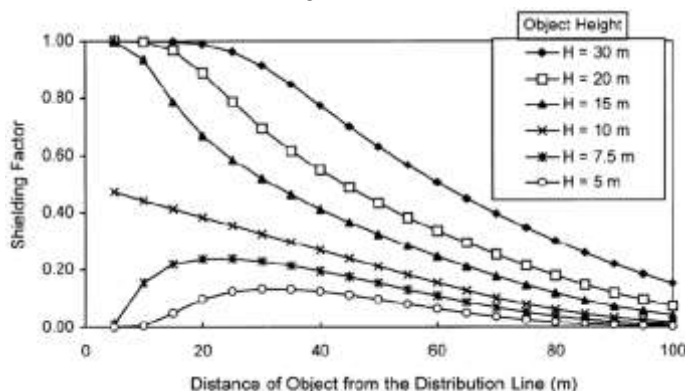
Số lần sét đánh vào đường dây trên không được xác định theo biểu thức:

$$N = N_g \left(\frac{28h^{0,6} + b}{10} \right) \quad (3.117)$$

Trong đó: N là số lần sét đánh vào đường dây trên không (lần/km²/năm); N_g là mật độ sét đánh xuống đất khu vực đường dây đi qua (lần/km²/năm); h là chiều cao của dây dẫn trên đỉnh cột (m); b là bề rộng của hai pha ngoài cùng (m).

Sự ảnh hưởng của các đối tượng ở gần đường dây đến số lần sét đánh trực tiếp vào đường dây trên không được thể hiện thông qua hệ số che chắn S_f , hệ số S_f được xác định như hình 3.3. Số lần sét đánh vào đường dây phân phối trên không N_s (lần/km²/năm) có xét đến hệ số che chắn S_f :

$$N_s = N(1 - S_f) = N_g \left(\frac{28h^{0.6} + b}{10} \right) (1 - S_f) = N_g C_f \quad (3.118)$$



Hình 3.3: Hệ số che chắn bởi những đối tượng gần đường dây trên không

3.2. Phương pháp cải tiến đánh giá rủi ro thiệt hại do sét

3.2.1. Đặt vấn đề cải tiến

Trong các tiêu chuẩn đánh giá rủi ro như đã đề cập ở mục 3.1.1, 3.1.2, 3.1.3, 3.1.4, và 3.1.5 thì mỗi tiêu chuẩn về đánh giá rủi ro lại có những ưu điểm, cách tiếp cận đánh giá rủi ro theo những hướng khác nhau và áp dụng cho những đối tượng công trình khác nhau. Trong các tiêu chuẩn đánh giá rủi ro nêu trên thì tiêu chuẩn IEC 62305-2 [1] có tính tổng quát hơn. Mặc dù, trong quá trình tính toán đánh giá rủi ro chưa xem xét đầy đủ các thông số đầu vào như: Xác suất gây phóng điện phụ thuộc dạng vật liệu xây dựng; xác suất dây dẫn bên ngoài mang xung sét vào công trình; số lượng đường dây dịch vụ của tiêu chuẩn [3] và hệ số che chắn cho đường dây dịch vụ của tiêu chuẩn [6]. Do đó, nghiên cứu và đề xuất phương pháp tính toán đánh giá rủi ro có mức độ chi tiết hơn để áp dụng tính toán đánh giá rủi ro cho nhiều dạng kết cấu công trình cụ thể ở những vùng miền khác nhau có độ chính xác hơn cho các thành phần rủi ro gồm: Rủi ro thiệt hại về con người R_1 ; Rủi ro thiệt hại về các dịch vụ công cộng R_2 ; Rủi ro thiệt hại về giá trị di sản văn hóa R_3 và rủi ro thiệt hại về giá trị kinh tế R_4 là cần thiết.

3.2.2. Các hệ số cải tiến

3.2.2.1. Hệ số xác suất gây phóng điện nguy hiểm phụ thuộc dạng vật liệu xây dựng khi tính xác suất P_A cho thành phần rủi ro R_A

Trong tiêu chuẩn [1], khi tính toán thành phần rủi ro liên quan đến tổn thương sinh vật hoặc sự sống của con người bởi điện giật do sét đánh vào công trình R_A . Giá trị xác suất sét đánh vào công trình gây tổn thương đến sinh vật hoặc sự sống của con người P_A chỉ xét đến hai giá trị là: Xác suất phụ thuộc biện pháp bảo vệ bổ sung chống điện áp tiếp xúc và điện áp bước P_{TA} (giá trị P_{TA} được trình bày ở bảng 2 phụ lục 1) và xác suất khi sét đánh vào công trình gây thiệt hại về vật chất phụ thuộc cấp độ bảo vệ

chống sét p_B (giá trị p_b được trình bày ở bảng 3 phụ lục 1). Giá trị xác suất P_A được tính theo biểu thức (3.9).

Trong tiêu chuẩn [3], khi tính toán thành phần rủi ro liên quan đến tổn thương sinh vật hoặc sự sống của con người bởi điện giạt do sét đánh vào công trình R_h (R_h tương đương với thành phần rủi ro R_A trong tiêu chuẩn [1]). Giá trị xác suất do điện áp bước có thể gây ra điện giạt cho con người P_h (P_h tương đương với xác suất P_A trong tiêu chuẩn [1]) xét đến ba thành phần là: Xác suất phụ thuộc biện pháp bảo vệ bổ sung chống điện áp tiếp xúc và điện áp bước P_h (P_h tương đương P_{TA} trong tiêu chuẩn IEC 62305-2); Hệ số phụ thuộc cấp độ bảo vệ hệ thống chống sét khi sét đánh vào công trình gây thiệt hại về vật chất k_I (hệ số k_I tương đương p_B trong tiêu chuẩn [1]) với $k_I = 1 - E$ và E là hệ số về hiệu quả của hệ thống bảo vệ chống sét trong công trình, giá trị E được trình bày ở bảng 1 phụ lục 2; Hệ số xác suất gây phóng điện nguy hiểm phụ thuộc dạng vật liệu xây dựng công trình p_s (giá trị p_s được trình bày ở bảng 2 phụ lục 2). Giá trị xác suất P_h được xác định như ở biểu thức (3.49). Trong khi đó theo tiêu chuẩn IEC 62305-2 chỉ xét đến 2 thành phần P_{TA} và P_B .

Khi sét đánh trực tiếp vào công trình thì vật liệu xây dựng của công trình cũng là một trong những yếu tố quan trọng ảnh hưởng trực tiếp đến mức độ rủi ro gây ra thiệt hại, tổn thương ảnh hưởng đến sự sống của con người bên trong công trình. Giá trị xác suất P_A cho rủi ro thành phần R_A được xác định theo biểu thức sau:

$$P_A = P_{TA} \cdot p_B \cdot p_s \quad (3.119)$$

Trong biểu thức (3.119) giá trị P_{TA} được được xác định theo bảng 2 phụ lục 1, giá trị p_B được được xác định theo bảng 3 phụ lục 1, giá trị p_s được được xác định theo bảng 2 phụ lục 2.

3.2.2.2. Hệ số xác suất gây phóng điện nguy hiểm phụ thuộc dạng vật liệu xây dựng và xác suất dây dẫn bên ngoài mang xung sét vào công trình khi tính xác suất P_B cho thành phần rủi ro R_B

Trong tiêu chuẩn [1], khi tính toán thành phần rủi ro liên quan đến những thiệt hại về vật chất khi sét đánh trực tiếp vào công trình R_B . Giá trị xác suất khi sét đánh trực tiếp vào công trình gây thiệt hại về vật chất P_B được xác định phụ thuộc vào cấp độ của hệ thống bảo vệ chống sét của công trình p_b (giá trị p_b được trình bày ở bảng 3 phụ lục 1).

Trong tiêu chuẩn [3], khi tính toán thành phần rủi ro liên quan đến những thiệt hại về vật chất khi sét đánh trực tiếp vào công trình R_s (R_s tương đương với thành phần rủi ro R_B trong tiêu chuẩn [1]). Giá trị xác suất P_s (P_s tương đương P_B trong tiêu chuẩn [1]) cho thiệt hại về vật chất khi sét đánh trực tiếp vào công trình có xét đến 5 hệ số bao gồm: Hệ số suy giảm cho biện pháp bảo vệ phòng cháy chữa cháy k_f (giá trị k_f được trình bày ở bảng 4 phụ lục 2); Xác suất sét đánh gây ra phóng điện nguy hiểm dẫn đến cháy nổ p_f (giá trị p_f được trình bày ở bảng 5 phụ lục 2); Hệ số phụ thuộc cấp độ bảo vệ của hệ thống chống sét khi sét đánh vào công trình gây thiệt hại về vật chất k_I (k_I tương đương p_B trong tiêu chuẩn [1] với $k_I = 1 - E$ và E là hệ số về hiệu quả của hệ thống bảo vệ chống sét trong công trình, giá trị E được trình bày ở bảng 1 phụ lục 2); Hệ số xác suất gây phóng điện nguy hiểm phụ thuộc dạng vật liệu xây dựng công trình p_s (giá trị p_s được trình bày ở bảng 2 phụ lục 2); Hệ số xác suất dây dẫn bên ngoài mang xung sét vào công trình gây thiệt hại về vật chất P_{ewd} . Giá trị xác suất P_s được xác định như ở biểu thức (3.51).

Giá trị xác suất P_B phù hợp với đặc điểm xây dựng, xác suất dây dẫn bên ngoài mang xung sét vào công trình gây thiệt hại về vật chất, cấp độ bảo vệ hệ thống chống sét, biện pháp bảo vệ phòng cháy chữa cháy, xác suất gây phóng điện nguy hiểm dẫn đến cháy nổ của các công trình thì giá trị xác suất P_B cần được tính toán bởi công thức (3.120).

$$P_B = k_f p_f (k_1 p_s + P_{ewd}) \quad (3.120)$$

3.2.2.3. *Tính xác suất sét đánh trực tiếp vào công trình gây hư hỏng thiệt hại cho hệ thống bên trong P_C cho rủi ro thành phần R_C theo tiêu chuẩn AS/NZS 1768*

Trong tiêu chuẩn [1], khi tính toán rủi ro thành phần R_C liên quan đến hư hỏng thiệt hại các hệ thống thiết bị bên trong khi sét đánh vào công trình. Giá trị xác suất sét đánh trực tiếp vào công trình gây hư hỏng thiệt hại các hệ thống thiết bị bên trong P_C xét đến hai hệ số là: Hệ số phụ thuộc sự phối hợp các SPD được thiết kế và cấp độ SPD được thiết kế trong hệ thống bảo vệ chống sét P_{SPD} (giá trị P_{SPD} được trình bày ở bảng 4 phụ lục 1) và hệ số phụ thuộc vào biện pháp che chắn, nối đất, cách ly C_{LD} (giá trị C_{LD} được trình bày ở bảng 5 phụ lục 1). Giá trị xác suất P_C được tính theo biểu thức (3.12).

Đối với tiêu chuẩn [3], khi tính toán rủi ro thành phần R_w liên quan đến hư hỏng thiệt hại các hệ thống thiết bị bên trong khi sét đánh vào công trình (R_w tương đương thành phần rủi ro R_C trong tiêu chuẩn [1]). Giá trị xác suất sét đánh trực tiếp vào công trình gây hư hỏng thiệt hại các hệ thống thiết bị bên trong P_w (P_w tương đương P_C trong tiêu chuẩn [1]) được tính toán có độ chi tiết hơn và xét đến 7 hệ số: Hệ số phụ thuộc cấp độ bảo vệ hệ thống chống sét khi sét đánh vào công trình gây thiệt hại về vật chất k_1 ; Hệ số xác suất gây phóng điện nguy hiểm phụ thuộc dạng vật liệu xây dựng công trình p_s (giá trị p_s được trình bày ở bảng 2 phụ lục 2); Xác suất gây ra phóng điện nguy hiểm phụ thuộc vào dạng đường dây bên trong p_i (giá trị p_i được trình bày ở bảng 3 phụ lục 2); Hệ số suy giảm phụ thuộc biện pháp cách ly các thiết bị bên trong k_2 (giá trị k_2 được cố định bằng 1); Hệ số suy giảm khi có lắp đặt các thiết bị bảo vệ xung ở ngõ vào các thiết bị k_3 (giá trị k_3 được trình bày ở Bảng 6 phụ lục 2); Hệ số hiệu chỉnh liên quan đến điện áp chịu xung của thiết bị k_w (giá trị k_w được cố định bằng 1); Xác suất dây dẫn bên ngoài mang xung sét gây ra quá áp dẫn đến thiệt hại các hệ thống bên trong P_{wedo} (giá trị P_{wedo} được xác định như ở biểu thức (3.56)). Giá trị xác suất P_w được tính như biểu thức (3.55)

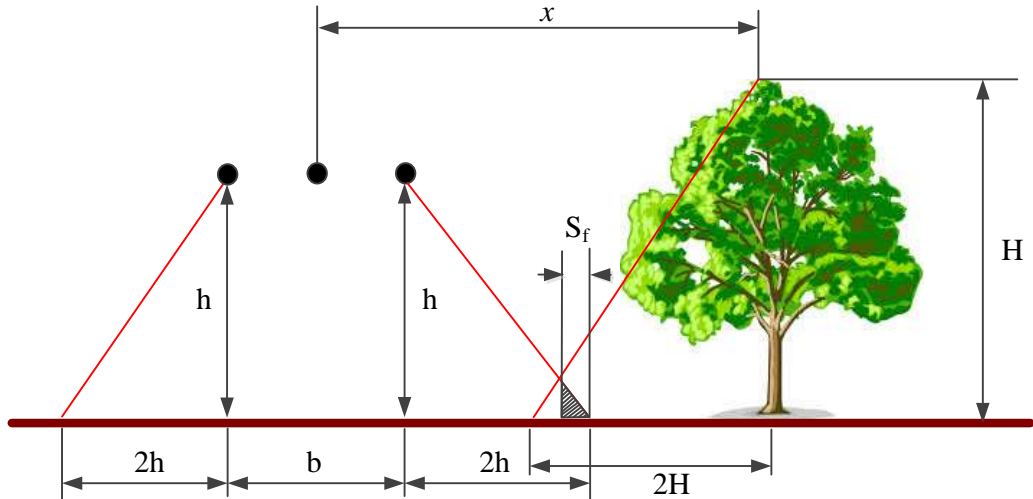
Do đó biểu thức tính giá trị xác suất P_C như sau:

$$P_C = 1 - (1 - k_1 p_s p_i k_2 k_3 k_w) (1 - P_{wedo}) \quad (3.121)$$

3.2.2.4. *Hệ số che chắn khi tính số lần sét đánh trực tiếp và gián tiếp vào đường dây dịch vụ kết nối đến công trình*

Trong tiêu chuẩn [1], khi tính số lần sét đánh trực tiếp N_L như biểu thức (3.19) và số lần sét đánh gián tiếp N_I như biểu thức (3.27) cho những đường dây dịch vụ trên không.

Tiêu chuẩn [1] đã đề cập đến hệ số lắp đặt đường dây C_l , hệ số dạng đường dây C_T và hệ số môi trường xung quanh đường dây C_E . Tuy nhiên, các hệ số này chưa đề cập cụ thể đến vị trí địa hình nơi lắp đặt đường dây dịch vụ đi qua như: Chiều cao cột h , khoảng cách ngang giữa các dây ngoài cùng b và hệ số che chắn S_f của vật thể có chiều cao H , khoảng cách từ các đối tượng che chắn đến đường dây dịch vụ x (như trong hình 3.4).



Hình 3.4: Che chắn đường dây trên không bởi các đối tượng gần đường dây

Trong khi đó, trong tiêu chuẩn IEEE 1410 [6] khi tính số lần sét đánh trực tiếp vào đường dây dịch vụ được xác định theo biểu thức (3.118) có xét đến yếu tố che chắn của những đối tượng gần đường dây. Giá trị hệ số suy giảm số lần sét đánh do có vật thể che chắn gần đường dây C_f được xác định theo biểu thức:

$$C_f = (28 \cdot h^{0.6} + b) \cdot 10^{-1} (1 - S_f) \quad (3.122)$$

Với: S_f hệ số che chắn bởi các đối tượng gần đường dây; chiều cao cột h (m); khoảng cách ngang giữa các dây dẫn ngoài cùng b (m).

Dựa trên cách tính số lần sét đánh vào đường dây trên không khi có xét đến các yếu tố che chắn dọc đường dây theo tiêu chuẩn [6], để nâng cao độ chính xác khi tính số lần sét đánh trực tiếp và gián tiếp vào đường dây dịch vụ trên không trong tiêu chuẩn [1], cần thay thế hệ số C_E được xác định dựa vào bảng tra như ở bảng 8 phụ lục 1 bằng hệ số C_f được tính theo biểu thức (3.122) vào biểu thức (3.19) và (3.27).

Khi đó, số lần sét đánh trực tiếp vào đường dây dịch vụ trên không được xác định bằng biểu thức (3.123):

$$N_L = N_G \cdot A_L \cdot C_l \cdot C_f \cdot C_T \cdot 10^{-6} \quad (3.123)$$

Và số lần sét đánh gián tiếp vào đường dây dịch vụ trên không được xác định bằng biểu thức (3.124):

$$N_I = N_G \cdot A_l \cdot C_l \cdot C_f \cdot C_T \cdot 10^{-6} \quad (3.124)$$

3.2.2.5. Số lượng đường dây dịch vụ khi tính những hệ số xác suất liên quan đến sét đánh trực tiếp và gián tiếp vào đường dây dịch vụ kết nối đến công trình

Trong tiêu chuẩn [1], khi tính toán rủi ro liên quan đến tổn thương sinh vật do điện giật khi sét đánh trực tiếp vào những đường dây dịch vụ kết nối đến công trình cho thành phần rủi ro R_U . Giá trị xác suất sét đánh trực tiếp vào những đường dây dịch vụ gây ra quá áp lan truyền đi vào công trình gây ra tổn thương đến sự sống con người P_U chỉ xét đến 4 hệ số bao gồm: Hệ số liên quan đến biện pháp che chắn, nối đất, cách ly C_{LD} (giá trị C_{LD} được trình bày ở bảng 5 phụ lục 1); Điện trở vỏ cáp và điện áp chịu xung của thiết bị P_{LD} (giá trị P_{LD} được trình bày ở bảng 11 phụ lục 1); Xác suất sét đánh trực tiếp vào đường dây dịch vụ gây ra nguy hiểm do điện áp tiếp xúc P_{TU} (giá trị P_{TU} được trình bày ở bảng 9 phụ lục 1); Cấp độ bảo vệ SPD được thiết kế lắp đặt trên đường

dây dịch vụ P_{EB} (giá trị P_{EB} được trình bày ở bảng 10 phụ lục 1). Giá trị xác suất P_U được tính theo biểu thức (3.21).

Khi tính toán rủi ro liên quan đến thiệt hại về vật chất khi sét đánh trực tiếp vào những đường dây dịch vụ kết nối đến công trình thành phần rủi ro R_V . Trong tiêu chuẩn [1], giá trị xác suất sét đánh trực tiếp vào những đường dây dịch vụ gây ra thiệt hại về vật chất P_V chỉ xét đến 3 hệ số bao gồm: Hệ số liên quan đến biện pháp che chắn, nối đất, cách ly C_{LD} (giá trị C_{LD} được trình bày ở bảng 5 phụ lục 1); Điện trở vỏ cáp và điện áp chịu xung của thiết bị P_{LD} (giá trị P_{LD} được trình bày ở bảng 11 phụ lục 1); Cấp độ SPD được thiết kế lắp đặt trên đường dây dịch vụ P_{EB} (giá trị P_{EB} được trình bày ở bảng 10 phụ lục 1). Giá trị xác suất P_V được tính theo biểu thức (3.23).

Tương tự khi tính rủi ro liên quan đến hư hỏng các hệ thống bên trong khi sét đánh trực tiếp vào những đường dây dịch vụ kết nối đến công trình thành phần rủi ro R_W . Trong tiêu chuẩn [1], giá trị xác suất sét đánh trực tiếp vào những đường dây dịch vụ gây ra hư hỏng các hệ thống bên trong P_W chỉ xét đến 3 hệ số bao gồm: Hệ số cho sự phối hợp các SPD được thiết kế P_{SPD} (giá trị P_{SPD} được trình bày ở Bảng 4 phụ lục 1); Điện trở vỏ cáp và điện áp chịu xung của thiết bị P_{LD} (giá trị P_{LD} được trình bày ở Bảng 11 phụ lục 1); Hệ số liên quan đến biện pháp che chắn, nối đất, cách ly C_{LD} (giá trị C_{LD} được trình bày ở Bảng 5 phụ lục 1). Giá trị xác suất P_W được tính theo biểu thức (3.25).

Và khi tính rủi ro liên quan đến hư hỏng các hệ thống bên trong khi sét đánh gần những đường dây dịch vụ kết nối đến công trình thành phần rủi ro R_Z . Trong tiêu chuẩn [1], giá trị xác suất sét đánh gần những đường dây dịch vụ gây ra hư hỏng các hệ thống bên trong P_Z chỉ xét đến 3 hệ số bao gồm: Hệ số cho sự phối hợp các SPD được thiết kế P_{SPD} (giá trị P_{SPD} được trình bày ở bảng 4 phụ lục 1); Hệ số liên quan đến loại đường dây và điện áp chịu xung của thiết bị P_{LI} (giá trị P_{LI} được trình bày ở bảng 12 phụ lục 1); Hệ số liên quan đến biện pháp che chắn, nối đất, cách ly C_{LI} (giá trị C_{LI} được trình bày ở Bảng 5 phụ lục 1). Giá trị xác suất P_Z được tính theo biểu thức (3.29).

Trong khi đó, trong tiêu chuẩn [3], khi tính những thành phần rủi ro gây ra do sét đánh trực tiếp hoặc gián tiếp vào những đường dây dịch vụ gây ra quá áp lan truyền trên những đường dây dịch vụ đi vào công trình: Rủi ro thành phần R_g liên quan đến tổn thương đến sự sống (R_g tương đương thành phần rủi ro R_U trong tiêu chuẩn [1]); Rủi ro thành phần R_c liên quan đến thiệt hại về vật chất (R_c tương đương thành phần rủi ro P_V trong tiêu chuẩn [1]); Rủi ro thành phần R_e liên quan đến sự cố những hệ thống bên trong do sét đánh trực tiếp vào những đường dây dịch vụ (R_e tương đương thành phần rủi ro R_W trong tiêu chuẩn [1]); Rủi ro thành phần R_l liên quan đến sự cố những hệ thống bên trong do sét đánh gián tiếp vào những đường dây dịch vụ (R_l tương đương thành phần rủi ro R_Z trong tiêu chuẩn [1]). Những xác suất sét đánh trực tiếp hoặc gián tiếp vào những đường dây dịch vụ gây ra quá áp lan truyền trên những đường dây dịch vụ đi vào công trình có xét đến số lượng đường dây dịch vụ trên không n_{oh} hay số lượng đường dây dịch vụ đi ngầm n_{ug} kết nối đến công trình như biểu thức (3.70), (3.71), (3.72), (3.73).

Nếu có nhiều đường dây dịch vụ kết nối đến công trình theo những tuyến riêng biệt thì xác suất sét đánh trực tiếp hay gián tiếp vào những đường dây dịch vụ sẽ gây ra quá áp sét lan truyền trên những đường dây dịch vụ đi vào công trình và những rủi ro thiệt hại do sét sẽ tăng lên. Để tính toán có độ chi tiết hơn theo điều kiện thực tế, các giá trị tính toán P_U , P_V , P_W và P_Z cho các rủi ro thành phần trong tiêu chuẩn [1] cần phải

xem xét đến số lượng đường dây dịch vụ kết nối vào công trình và được tính toán như sau:

$$P_{U/oh} = P_{TU} \cdot P_{EB} \cdot P_{LD} \cdot C_{LD} \cdot n_{oh} \quad (3.125)$$

$$P_{V/oh} = P_{EB} \cdot P_{LD} \cdot C_{LD} \cdot n_{oh} \quad (3.126)$$

$$P_{W/oh} = P_{SPD} \cdot P_{LD} \cdot C_{LD} \cdot n_{oh} \quad (3.127)$$

$$P_{z/oh} = P_{SPD} \cdot P_{LI} \cdot C_{LI} \cdot n_{oh} \quad (3.128)$$

Biểu thức tính các xác suất P_U , P_V , P_W và P_Z cho đường dây ngầm như sau:

$$P_{U/ug} = P_{TU} \cdot P_{EB} \cdot P_{LD} \cdot C_{LD} \cdot n_{ug} \quad (3.129)$$

$$P_{V/ug} = P_{EB} \cdot P_{LD} \cdot C_{LD} \cdot n_{ug} \quad (3.130)$$

$$P_{W/ug} = P_{SPD} \cdot P_{LD} \cdot C_{LD} \cdot n_{ug} \quad (3.131)$$

$$P_{z/ug} = P_{SPD} \cdot P_{LI} \cdot C_{LI} \cdot n_{ug} \quad (3.132)$$

Trong các biểu thức (3.125), (3.126), (3.127), (3.128), (3.129), (3.130), (3.130) và (3.131) các hệ số P_{TU} , P_{EB} , P_{LD} và C_{LD} được xác định như trong tiêu chuẩn [1]; n_{oh} là số lượng đường dây dịch vụ trên không và n_{ug} là số lượng đường dây dịch vụ đi ngầm kết nối đến công trình.

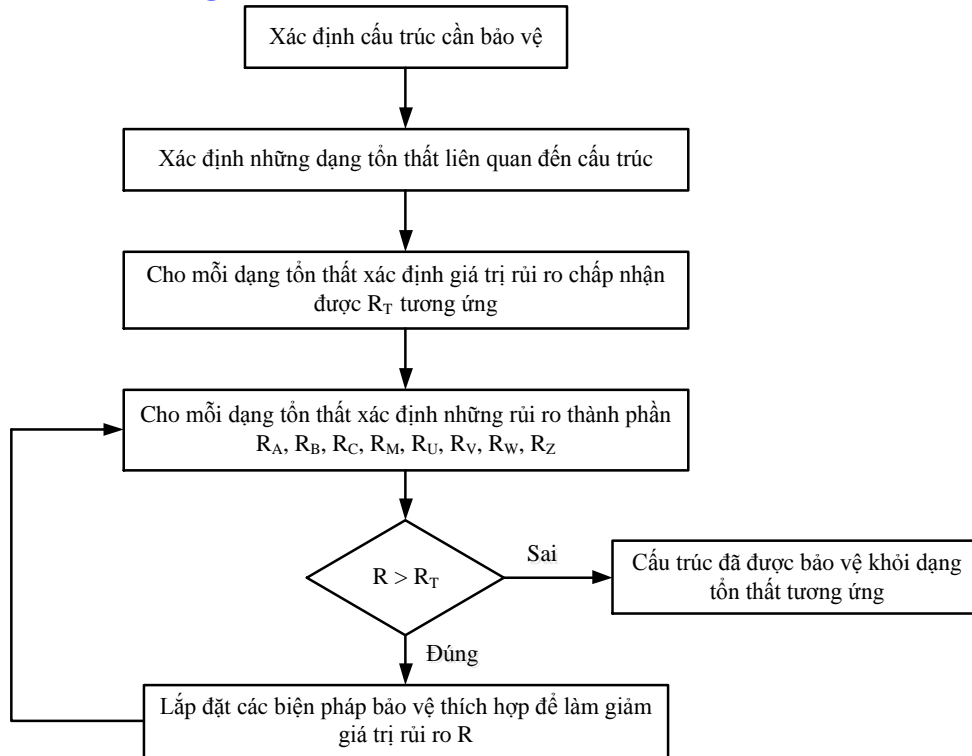
3.2.2.6. Bảng liệt kê các hệ số cải tiến

Bảng 3.14: Liệt kê các hệ số cải tiến

ST T	Yếu tố xem xét bổ sung/thay đổi	Tiêu chuẩn [1]	Tiêu chuẩn tham khảo	Đề xuất cải tiến (*)
1	Hệ số xác suất gây phóng điện nguy hiểm phụ thuộc dạng vật liệu xây dựng khi tính xác suất P_A cho thành phần rủi ro R_A	$P_A = P_{TA} \cdot P_B$	Tiêu chuẩn [3]: $P_h = k_1 \cdot p_h \cdot p_s$	$P_A = P_{TA} \cdot P_B \cdot p_s$
2	Hệ số xác suất gây phóng điện nguy hiểm phụ thuộc dạng vật liệu xây dựng và xác suất dây dẫn bên ngoài mang xung sét vào công trình khi tính xác suất P_B cho thành phần rủi ro R_B .	Giá trị P_B được xác định dựa vào bảng tra	Tiêu chuẩn [3]: $P_s = k_f \cdot p_f \cdot (k_1 \cdot p_s + P_{ewd})$	$P_B = k_f \cdot p_f \cdot (k_1 \cdot p_s + P_{ewd})$
3	Tính xác suất sét đánh trực tiếp vào công trình gây hư hỏng thiệt hại cho hệ thống bên trong P_C cho rủi ro thành phần R_C theo tiêu chuẩn AS/NZS 1768.	$P_C = P_{SPD} \cdot C_{LD}$	Tiêu chuẩn [3]: $P_w = 1 - (1 - k_1 \cdot p_s \cdot p_i \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_w) \cdot (1 - P_{wedo})$	$P_C = 1 - (1 - k_1 \cdot p_s \cdot p_i \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_w) \cdot (1 - P_{wedo})$
4	Hệ số che chắn khi tính số lần sét đánh trực tiếp và gián tiếp vào đường dây dịch vụ kết nối đến công trình.	$N_L = N_G \cdot A_L \cdot C_l \cdot C_E \cdot C_T \cdot 10^{-6}$	Tiêu chuẩn [6]: $N_L = N_G \cdot C_f \cdot 10^{-6}$ Với: $C_f = (b + 28 \cdot h^{0,6}) \cdot 10^{-1} (1 - S_f)$	$N_L = N_G \cdot A_L \cdot C_l \cdot C_f \cdot C_T \cdot 10^{-6}$ Với: $C_f = (b + 28 \cdot h^{0,6}) \cdot 10^{-1} (1 - S_f)$
		$N_l = N_G \cdot A_l \cdot C_l \cdot C_E \cdot C_T \cdot 10^{-6}$	Với: $C_f = (b + 28 \cdot h^{0,6}) \cdot 10^{-1} (1 - S_f)$	$N_l = N_G \cdot A_l \cdot C_l \cdot C_f \cdot C_T \cdot 10^{-6}$ Với: $C_f = (b + 28 \cdot h^{0,6}) \cdot 10^{-1} (1 - S_f)$
5	Số lượng đường dây dịch vụ khi tính những hệ số xác suất liên quan đến sét đánh trực tiếp và gián tiếp vào đường dây dịch vụ kết nối đến công trình.	$P_U = P_{TU} \cdot P_{EB} \cdot P_{LD} \cdot C_{LD}$ $P_V = P_{EB} \cdot P_{LD} \cdot C_{LD}$ $P_W = P_{SPD} \cdot P_{LD} \cdot C_{LD}$ $P_Z = P_{SPD} \cdot P_{LI} \cdot C_{LI}$	Tiêu chuẩn [3]: $P_{c1p} = n_{ohp} \cdot k_5 \cdot P_{eo}$ $P_{c1} = n_{oh} \cdot k_5 \cdot P_{e1}$	$P_{U/oh} = P_{TU} \cdot P_{EB} \cdot P_{LD} \cdot C_{LD} \cdot n_{oh}$ $P_{V/oh} = P_{EB} \cdot P_{LD} \cdot C_{LD} \cdot n_{oh}$ $P_{W/oh} = P_{SPD} \cdot P_{LD} \cdot C_{LD} \cdot n_{oh}$ $P_{Z/oh} = P_{SPD} \cdot P_{LI} \cdot C_{LI} \cdot n_{oh}$
			Tiêu chuẩn [3]: $P_{c2p} = n_{ugp} \cdot k_5 \cdot P_{eo}$ $P_{c2} = n_{ug} \cdot k_5 \cdot P_{e2}$	$P_{U/ug} = P_{TU} \cdot P_{EB} \cdot P_{LD} \cdot C_{LD} \cdot n_{ug}$ $P_{V/ug} = P_{EB} \cdot P_{LD} \cdot C_{LD} \cdot n_{ug}$ $P_{W/ug} = P_{SPD} \cdot P_{LD} \cdot C_{LD} \cdot n_{ug}$ $P_{Z/ug} = P_{SPD} \cdot P_{LI} \cdot C_{LI} \cdot n_{ug}$

^(*) k_1 Hệ số phụ thuộc cấp độ bảo vệ hệ thống chống sét khi sét đánh vào công trình; P_h là xác suất sét gây ra điện áp tiếp xúc hay điện áp bước nguy hiểm bên ngoài công trình; p_s là xác suất gây ra phóng điện nguy hiểm phụ thuộc dạng công trình; P_{ewd} là tổng xác suất dây dẫn bên ngoài mang xung sét gây ra thiệt hại về vật chất; p_i là xác suất phóng điện nguy hiểm phụ thuộc dạng bảo vệ đường dây bên trong; k_2 là hệ số suy giảm phụ thuộc biện pháp cách ly các thiết bị bên trong; k_3 là hệ số suy giảm khi có lắp đặt các thiết bị bảo vệ xung ở ngõ vào các thiết bị; k_w là hệ số hiệu chỉnh liên quan đến điện áp chịu xung của thiết bị; C_f là hệ số suy giảm số lần sét đánh do có vật thể che chắn gần đường dây; S_f hệ số che chắn do các vật thể ở gần; n_{oh} là số lượng đường dây trên không khác kết nối đến công trình; n_{ug} là số lượng đường dây dịch vụ đi ngầm khác kết nối đến công trình.

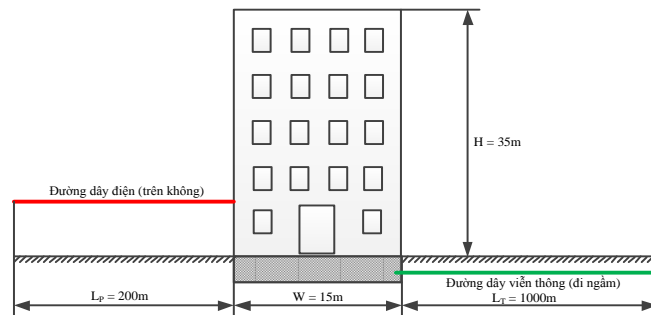
3.2.3. Lưu đồ đánh giá rủi ro



Hình 3.5: Lưu đồ đánh giá rủi ro

3.2.4. Tính toán rủi ro thiệt hại do sét cho công trình mẫu

Tính toán đánh giá rủi ro thiệt hại do sét cho công trình là tòa nhà ở khu vực thành phố Hồ Chí Minh, kích thước $20 \times 15 \times 35m$, mật độ sét khu vực là $12(\text{lần}/\text{km}^2/\text{năm})$, không có công trình khác lân cận. Đường dây điện cấp nguồn có chiều dài $200m$ đi trên không, cáp viễn thông có chiều dài $1000m$ được đi ngầm.



Hình 3.6: Công trình cần đánh giá rủi ro thiệt hại do sét

3.2.4.1. Thông số, đặc điểm của công trình và môi trường xung quanh

Bảng 3.15: Thông số, đặc điểm của công trình và môi trường xung quanh

Thông số		Kí hiệu	Giá trị	Ghi chú
Mật độ sét khu vực ($lần/km^2/năm$)		N_g	12	
Kích thước (m)		L, W, H	20, 15, 35	
Hệ số vị trí		C_D	1	Bảng 1, phụ lục 1
Giá trị xác suất phụ thuộc mức độ bảo vệ chống sét để làm giảm thiệt hại về vật chất		p_B	1	Bảng 3, phụ lục 1
Giá trị xác suất phụ thuộc các SPD được thiết kế (LPL)		P_{EB}	1	Bảng 10, phụ lục 1
Mức độ che chắn bên ngoài		K_{S1}	1	
Vật liệu sàn		r_t	10^{-3}	Bảng 14, phụ lục 1
Vật liệu xây dựng công trình		P_s	0,2	Bảng 2, phụ lục 2
Bảo vệ chống điện giật do sét đánh trực tiếp		P_{TA}	1	Bảng 2, phụ lục 1
Bảo vệ chống điện giật do sét lan truyền trên những đường dây dịch vụ		P_{TU}	1	Bảng 9, phụ lục 1
Rủi ro cháy		r_f	10^{-3}	Bảng 16, phụ lục 1
Bảo vệ phòng cháy		r_p	1	Bảng 15, phụ lục 1
Mức độ che chắn bảo vệ bên trong		K_{S2}	1	
Hệ số nguy hiểm đặc biệt		h_Z	2	Bảng 17, phụ lục 1
Cho thiết hại L1	Hệ số nguy hiểm do điện áp tiếp xúc và điện áp bước	L_T	10^{-2}	Bảng 13, phụ lục 1
	Hệ số nguy hiểm do thiệt hại vật chất	L_F	2.10^{-2}	
	Hệ số nguy hiểm do lỗi hệ thống bên trong	L_O	-	
Cho thiết hại L4	Hệ số nguy hiểm do điện áp tiếp xúc và điện áp bước	L_T	10^{-2}	Bảng 20, phụ lục 1
	Hệ số nguy hiểm do thiệt hại vật chất	L_F	0,2	
	Hệ số nguy hiểm do lỗi hệ thống bên trong	L_O	10^{-2}	

3.2.4.2. Thông số, đặc điểm của đường dây điện cấp nguồn

Bảng 3.16: Thông số, đặc điểm của đường dây điện cấp nguồn

Thông số	Kí hiệu	Giá trị	Ghi chú
Chiều dài (m)	L_P	200	
Hệ số lắp đặt	C_{VP}	1	Bảng 6, phụ lục 1
Hệ số phụ thuộc dạng đường dây	$C_{T/P}$	1	Bảng 7, phụ lục 1
Hệ số môi trường	$C_{E/P}$	1	Bảng 8, phụ lục 1
Hệ số phụ thuộc vào biện pháp bảo vệ, nối đất, cách ly	$C_{LD/P}$	1	Bảng 5, phụ lục 1
	$C_{LI/P}$	1	
Điện áp chịu xung của thiết bị	$U_{W/P}$	2,5	
	$P_{LD/P}$	1	
	$P_{LI/P}$	0,3	Bảng 12, phụ lục 1
	$K_{S4/P}$	0,4	
Tình trạng lắp đặt thiết bị bảo vệ xung ở ngõ vào đường dây	k_5	1	Bảng 7, phụ lục 2
Tình trạng lắp đặt thiết bị bảo vệ xung ở ngõ vào thiết bị	k_3	1	Bảng 6, phụ lục 2
Hệ số phối hợp các SPD	$P_{SPD/P}$	1	Bảng 4, phụ lục 1
Hệ số cho dạng bảo vệ đường dây bên trong	$K_{S3/P} / p_i$	1	Bảng 3, phụ lục 2

3.2.4.3. Thông số, đặc điểm đường dây viễn thông

Bảng 3.17: Thông số, đặc điểm các đường dây viễn thông

Thông số	Kí hiệu	Giá trị	Ghi chú
Chiều dài (m)	L_T	1000	
Hệ số lắp đặt	C_{VT}	0,5	Bảng 6, phụ lục 1
Hệ số phụ thuộc dạng đường dây	$C_{T/T}$	1	Bảng 7, phụ lục 1
Hệ số môi trường	$C_{E/T}$	1	Bảng 8, phụ lục 1
Hệ số phụ thuộc vào biện pháp bảo vệ, nối đất, cách ly	$C_{LD/T}$	1	Bảng 5, phụ lục 1
	$C_{LI/T}$	1	
Điện áp chịu xung của thiết bị	$U_{W/T}$	1,5	
	$P_{LD/T}$	1	
	$P_{LI/T}$	0,5	Bảng 12, phụ lục 1
	$K_{S4/T}$	0,6	
Tình trạng lắp đặt thiết bị bảo vệ	k_5	1	Bảng 7,

xung ở ngõ vào đường dây			phụ lục 2
Tình trạng lắp đặt thiết bị bảo vệ xung ở ngõ vào thiết bị	k_3	1	Bảng 6, phụ lục 2
Hệ số phối hợp các SPD	$P_{SPD/P}$	1	Bảng 4, phụ lục 1
Hệ số cho dạng bảo vệ đường dây bên trong	$K_{S3/P} / p_i$	1	Bảng 3, phụ lục 2

3.2.4.4. Kết quả tính toán đánh giá rủi ro

Bảng 3.18: Tổng hợp các kết quả đánh giá rủi ro

Dạng rủi ro	Theo tiêu chuẩn IEC – 62305 [1]	Theo phương pháp tối ưu
Thiệt hại về con người R_1	$1,24 \cdot 10^{-4}$	$3,25 \cdot 10^{-5}$
Thiệt hại về giá trị kinh tế R_4	0,255	0,222

3.2.5. Phần mềm đánh giá rủi ro thiệt hại do sét

Chương trình tính toán đánh giá rủi ro thiệt hại do sét LIRISAS được xây dựng trên cơ sở áp dụng các thông số tối ưu đánh giá rủi ro trên cơ sở tiêu chuẩn [1] với các đề xuất cải tiến như đã được đề cập và phân tích trong mục 3.2.2 và được viết trên phần mềm Microsoft Excel 2010. Giao diện của chương trình như Hình 3.6.

CHƯƠNG TRÌNH TÍNH TOÁN ĐÁNH GIÁ RỦI RO THIẾT HẠI DO SÉT LIRISAS

Tiêu chuẩn IEC-62305 cải tiến

Loại kết cấu: **Toàn nhà thương mại**

Kích thước cấu trúc và các yếu tố môi trường	Đường dây dịch vụ	Các dạng rủi ro	
Chiều dài (m): 20 Chiều rộng (m): 15 Chiều cao (m): 35 Mật độ sét khu vực (lần/km ² /năm): 12 Môi trường xung quanh cấu trúc: Cô lập	Đường dây điện Chiều dài (m): 200 Số lượng đường dây: 1 Cách lắp đặt: Trên không Loại đường dây: Hạ thế/viên thông Biện pháp nối đất, cách ly theo IEC 62305-4: Không có Bảo vệ đường dây bên trong cấu trúc: Không có che chắn	Thiệt hại về con người Dạng cấu trúc thiệt hại về con người: Tất cả Dạng cấu trúc thiệt hại về vật chất: Công nghiệp Dạng cấu trúc thiệt hại hệ thống bên trong: Không xem xét	
Đặc điểm của cấu trúc và các biện pháp bảo vệ Vật liệu xây dựng cấu trúc: Bê tông cốt thép Vật liệu sàn: Gạch ceramic Rủi ro cháy: Thấp Biện pháp bảo vệ phòng cháy: Không có Mức độ hoãn sự khi có sự cố: Thấp Cấp độ bảo vệ chống sét: Không có Cấp độ SPD được thiết kế: Không có SPD ở ngõ vào đường dây dịch vụ: Không có SPD ở ngõ vào thiết bị: Không có	Đường dây viễn thông Chiều dài (m): 1000 Số lượng đường dây: 1 Cách lắp đặt: Đi ngầm Loại đường dây: Hạ thế/viên thông Biện pháp nối đất, cách ly theo IEC 62305-4: Không có Bảo vệ đường dây bên trong cấu trúc: Không có che chắn	Thiệt hại về dịch vụ Dạng cấu trúc thiệt hại về vật chất: Không xem xét Dạng cấu trúc thiệt hại hệ thống bên trong: Không xem xét	
		Thiệt hại về di sản văn hóa Dạng cấu trúc thiệt hại về vật chất: Không xem xét	
		Thiệt hại về giá trị kinh tế Dạng cấu trúc thiệt hại về vật nuôi: Tất cả Dạng cấu trúc thiệt hại về vật chất: Thương mại Dạng cấu trúc thiệt hại hệ thống bên trong: Thương mại	
Kết quả tính toán mức độ rủi ro			
Thiệt hại về con người	Thiệt hại về dịch vụ	Thiệt hại về di sản văn hóa	Thiệt hại về giá trị kinh tế
Giá trị rủi ro tính toán: 3.25678E-05	Giá trị rủi ro tính toán: 0	Giá trị rủi ro tính toán: 0	Giá trị rủi ro tính toán: 0.222515635
Giá trị rủi ro chấp nhận được: 0.00001	Giá trị rủi ro chấp nhận được: 0.001	Giá trị rủi ro chấp nhận được: 0.0001	Giá trị rủi ro chấp nhận được: 0.001

Hình 3.7: Giao diện chương trình tính toán đánh giá rủi ro thiệt hại do sét LIRISAS

3.3. Kết luận

Trên cơ sở phương pháp tính toán đánh giá rủi ro thiệt hại do sét theo tiêu chuẩn IEC 62305-2, phương pháp cải tiến có mức độ chi tiết hơn, trong tính toán có xem xét đến yếu tố: Xác suất gây phóng điện nguy hiểm phụ thuộc vật liệu xây dựng công trình, xác suất dây dẫn bên ngoài có thể mang xung sét vào công trình, xác suất sét đánh trực tiếp vào công trình gây hư hỏng thiệt hại cho hệ thống bên trong, số lượng đường dây dịch vụ kết nối đến công trình và có đề cập đến hệ số che chắn dọc đường dây cấp nguồn cho công trình. Kết quả tính toán với công trình điển hình cho thấy có sự khác biệt đáng kể về giá trị thiệt hại về con người R1 (thấp hơn khoảng 26%), và giá trị thiệt hại về kinh tế R4 (thấp hơn khoảng 13%).

Chương 4

MÔ HÌNH CẢI TIẾN MÁY PHÁT XUNG SÉT VÀ THIẾT BỊ TRIỆT XUNG TRÊN ĐƯỜNG NGUỒN HẠ ÁP

4.1. Mô hình máy phát xung sét

4.1.1. Đặt vấn đề cải tiến

Đến thời điểm hiện nay, có rất nhiều công trình nghiên cứu trong nước và quốc tế về mô hình máy phát xung sét nhưng chỉ tập trung cho từng dạng xung sét riêng lẻ và có độ sai số tương đối lớn so với các xung sét tiêu chuẩn.

4.1.2. Mô hình toán

4.1.2.1. Mô hình hàm toán của Heidler

Phương trình Heidler được sử dụng để mô tả xung dòng sét:

$$i(t) = \frac{I_m}{\eta} \frac{(t/\tau_1)^{10}}{(t/\tau_1)^{10} + 1} e^{(-t/\tau_2)} \quad (4.1)$$

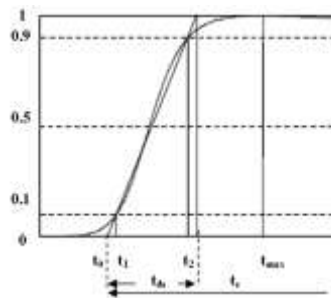
Trong đó: I_m là giá trị dòng điện đỉnh (kA); τ_1 là hằng số thời gian tăng của dòng điện và điện áp (μs); τ_2 là hằng số thời gian suy giảm của dòng điện và điện áp (μs); η là hệ số hiệu chỉnh giá trị đỉnh của dòng điện và điện áp.

Các thông số τ_1 , τ_2 và η được xác định theo thời gian tăng t_{ds} và thời gian suy giảm t_s của dạng sóng dòng điện và điện áp xung sét.

Thời gian tăng và suy giảm của dạng sóng dòng điện và điện áp sét được qui định theo tiêu chuẩn như sau:

$$t_{ds} = 1,25(t_2 - t_1) \quad (4.2)$$

$$t_s = t_5 - t_0 \quad (4.3)$$



Hình 4.1: Dạng sóng dòng điện sét

4.1.2.2. Xác định thông số cho phương trình Heidler

Dòng điện được coi là tích số của hai hàm đáp ứng về thời gian (hàm thời gian tăng $x(t)$ và hàm thời gian suy giảm $y(t)$).

$$i(t) = I_m \cdot x(t) \cdot y(t) \quad (4.4)$$

Thời gian xung dòng điện tăng, giá trị của hàm dòng điện suy giảm $y(t) \approx 1$, khi dòng điện suy giảm, giá trị của hàm dòng điện tăng $x(t) \approx 1$.

Trong quá trình dòng điện tăng (giai đoạn đầu sóng), phương trình (4.1) có dạng:

$$i(t) = \frac{I_m}{\eta} \cdot \frac{(t/\tau_1)^{10}}{(t/\tau_1)^{10} + 1} \quad (4.5)$$

Tại thời gian $t = t_1$ giá trị dòng điện $i(t) = 0,1I_m$, suy ra:

$$\frac{(t_1/\tau_1)^{10}}{(t_1/\tau_1)^{10} + 1} = 0,1 \Rightarrow 0,9(t_1/\tau_1)^{10} = 0,1 \quad (4.6)$$

Suy ra: $t_1 = \sqrt[10]{1/9} \cdot \tau_1 \quad (4.7)$

và tại $t = t_2$ giá trị dòng điện $i(t) = 0,9I_m$, suy ra:

$$\frac{(t_2/\tau_1)^{10}}{(t_2/\tau_1)^{10} + 1} = 0,9 \Rightarrow 0,1(t_2/\tau_1)^{10} = 0,9 \quad (4.8)$$

Suy ra: $t_2 = \sqrt[10]{9} \cdot \tau_1 \quad (4.9)$

Từ đây ta có:

$$t_2 - t_1 = 0,8t_{ds} = (\sqrt[10]{9} - \sqrt[10]{1/9}) \cdot \tau_1 \quad (4.10)$$

$$\Rightarrow \tau_1 = \frac{0,8 \cdot t_{ds}}{(\sqrt[10]{9} - \sqrt[10]{1/9})} \approx 1,88t_{ds} \quad (4.11)$$

Tương tự trong quá trình dòng điện suy giảm hàm dòng điện được xác định gần đúng theo biểu thức sau:

$$i(t) = I_m \cdot e^{\frac{-t}{\tau_2}} \quad (4.12)$$

Khi $t = t_s - t_{ds}$ giá trị dòng điện $i(t) = 0,5I_m$

Suy ra:

$$I_m e^{\frac{-(t_s - t_{ds})}{\tau_2}} = 0,5I_m \quad (4.13)$$

$$\frac{t_s - t_{ds}}{\tau_2} = \ln(2) \quad (4.14)$$

$$\tau_2 = \frac{t_s - t_{ds}}{\ln 2} \quad (4.15)$$

Khi $t > 0$, $x(t) < 1$ dòng điện cực đại nhỏ hơn I_m . Vì vậy hệ số hiệu chỉnh dòng cực đại η được thêm vào biểu thức xung dòng điện và điện áp. Để hiệu chỉnh chính xác, giá trị η được tính toán chính xác bằng:

$$\eta = \frac{1}{e^{\left[(\tau_1/\tau_2) \cdot \sqrt[10]{(10\tau_2/\tau_1)} \right]}} \quad (4.16)$$

Kết quả tính toán τ_1 , τ_2 , η theo các biểu thức (4.11), (4.15) và (4.16), tương ứng với các dạng xung sét khác nhau được trình bày trong bảng 4.1. Chương trình tính toán cho các dạng xung dòng trình bày ở phụ lục 5.

Bảng 4.1: Các giá trị thông số tính toán với các xung dòng điện sét chuẩn

$t_{ds}(\mu s)$	$t_s(\mu s)$	$\tau_1(s)$	$\tau_2(s)$	η	$t_a(s)$	$t_b(s)$	$e_1(\%)$	$e_2(\%)$
10	700	1.88E-05	9.95E-04	0.96525	1.00E-05	0.000713	0	1.8
1.2	50	2.256E-06	7.04E-05	0.94468	1.25E-06	5.14E-05	4.16	2.84
2	25	3.76E-06	3.31E-05	0.83747	1.88E-06	2.65E-05	6.25	6
2	50	3.76E-06	6.92E-05	0.91258	2.00E-06	5.19E-05	0	3.8
0.3	100	4.70E-07	1.43E-04	0.99273	3E-07	0.000101	0	0.52
1	200	1.88E-06	2.87E-04	0.98646	1.00E-06	0.000202	0	0.85
10	350	1.88E-05	4.90E-04	0.93532	9.88E-06	0.00036	1.25	2.97
1	5	1.88E-06	5.77E-06	0.63203	8,75E-07	5.50E-06	12.5	10
4	10	7.52 E -06	8.65E-06	0.32982	3.13E-06	1.11E-05	21.87	11
8	20	1.504 E -05	1.73E-05	0.32982	6.25E-06	2.20E-05	21.87	10

Trong đó: $t_a=1,25(t_2 - t_1)$ và $t_b=t_5 - t_1 + 0,1t_a$ tương ứng là thời gian đầu sóng và đuôi sóng tính toán dạng sóng mô phỏng; t_1, t_2, t_5 tương ứng là thời gian biên độ sóng mô phỏng đạt 10%, 90% và giảm còn 50% giá trị đỉnh, e_1, e_2 tương ứng là sai số đầu sóng và đuôi sóng.

Nhận xét: Phương trình toán học Heilder để tính toán 10 dạng xung sét, có dạng xung sét **1/5 μ s, 4/10 μ s, 8/20 μ s** có sai số vượt giá trị cho phép của xung sét chuẩn.

4.1.2.3. Hiệu chỉnh thông số

Hiệu chỉnh nhằm bù sai số sinh ra do áp dụng giả thiết hàm $x(t) = \frac{(t/\tau_1)^{10}}{(t/\tau_1)^{10} + 1} = 1$ và $y(t) = e^{(-t/\tau_2)} = 1$ khi tính toán. Vì các hàm $x(t)$ và $y(t)$

đều nhỏ hơn 1 nên việc hiệu chỉnh phải thực hiện sao cho các giá trị τ_1, τ_2 làm cho giá trị hàm $x(t)$ và $y(t)$ giảm.

Đối với hàm $x(t) = \frac{(t/\tau_1)^{10}}{(t/\tau_1)^{10} + 1}$ giảm khi $(t/\tau_1)^{10}$ giảm, tức là τ_1 tăng, ngược

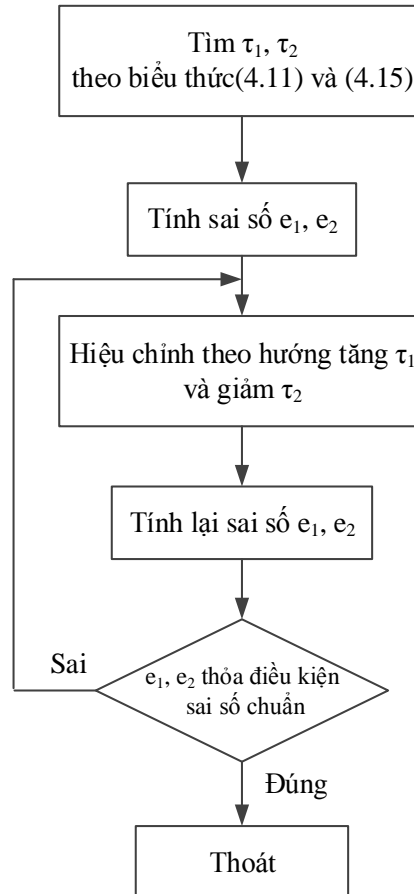
lại, $y(t) = e^{(-t/\tau_2)}$ giảm khi τ_2 giảm

Quy trình hiệu chỉnh bao gồm 5 bước như sau:

- **Bước 1:** Tìm giá trị τ_1, τ_2 theo biểu thức (4.11) và (4.15)
- **Bước 2:** Tính các sai số e_1, e_2

- **Bước 3:** Hiệu chỉnh lại τ_1, τ_2 theo hướng tăng τ_1 và giảm τ_2
- **Bước 4:** Tính lại các sai số e_1, e_2
- **Bước 5:** So sánh giá trị các sai số e_1, e_2 mới và giá trị các sai số e_1, e_2 cũ. Nếu các giá trị e mới nhỏ hơn giá trị e cũ thì dừng lại, nếu các giá trị e mới lớn hơn các giá trị e cũ thì quay lại bước 3.

Giải thuật hiệu chỉnh được trình bày như trong hình 4.2 và kết quả tính toán được trình bày trong bảng 4.2.



Hình 4.2: Lưu đồ hiệu chỉnh sai số
Bảng 4.2: Kết quả sai số sau khi hiệu chỉnh

$t_{ds}(\mu s)$	$t_s(\mu s)$	τ_1	τ_2	$t_a(s)$	$t_b(s)$	$e_1(\%)$	$e_2(\%)$
10	700	1.880E-05	98.67E-05	1.00E-05	0.0007065	0	0.928
1.2	50	2.256E-06	6.9784E-05	1.25E-06	5.09E-05	4.16	1.84
2	25	3.948E-06	3.1245E-05	0.000002	0.000025	0	1.20
2	50	3.760E-06	6.864E-05	2.00E-06	5.15E-05	0	0.3
0.3	100	4.700E-07	14.26E-05	3E-07	9.96E-05	0	0.375
1	200	1.880E-06	28.45E-	1.0E-06	0.0002	0	0

			05				
10	350	1.880E-05	48.62E-05	9.88E-06	0.0003574	1.25	2.11
1	5	2.279E-06	4.646E-06	1.00E-06	4.90E-06	2.5	2
4	10	1.044E-05	5.885E-06	4.00E-06	1.03E-05	0	4
8	20	1.989E-05	1.238E-05	7.88E-06	2.05E-05	1.5	4

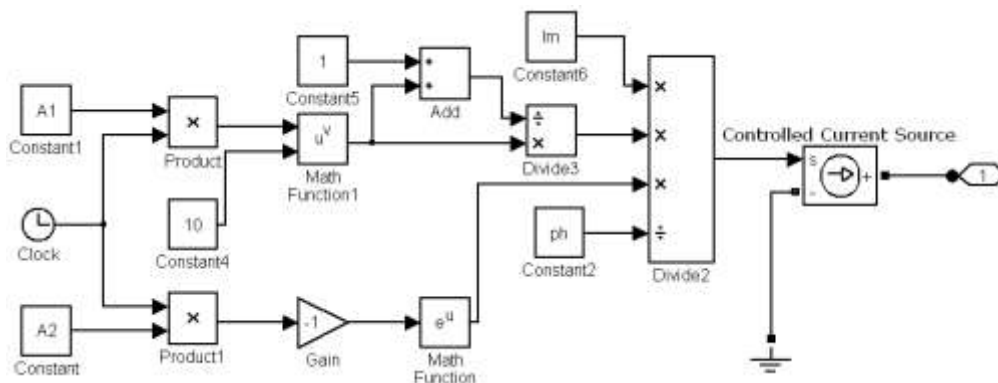
Nhận xét: Khi sử dụng giải thuật hiệu chỉnh các thông số thì các dạng xung sét tính toán theo hàm toán của Heidler đã thỏa điều kiện về độ chính xác theo xung sét chuẩn. Trên cơ sở đó, bước tiếp theo cần phải xây dựng mô hình máy phát xung sét cải tiến trong môi trường Matlab tích hợp nhiều dạng xung sét khác nhau phục vụ công tác kiểm tra mô hình thiết bị triệt xung trên đường nguồn hạ áp.

4.1.3. Máy phát xung sét cải tiến trong môi trường Matlab

Xây dựng mô hình máy phát xung sét cải tiến tạo ra các dạng xung sét chuẩn để kiểm tra khả năng đáp ứng của các loại thiết bị chống sét lan truyền trên đường nguồn hạ áp cần phải sử dụng bộ công cụ SimPowerSystem với các bước như sau:

- **Bước 1:** Xác định các phần tử trong mô hình máy phát xung sét cải tiến theo phương trình toán học Heidler.
- **Bước 2:** Xây dựng sơ đồ khối máy phát xung sét cải tiến.

Sau khi xác định các phần tử trong mô hình máy phát xung sét cải tiến theo phương trình toán học Heidler, kết nối các phần tử lại với nhau được sơ đồ khối.

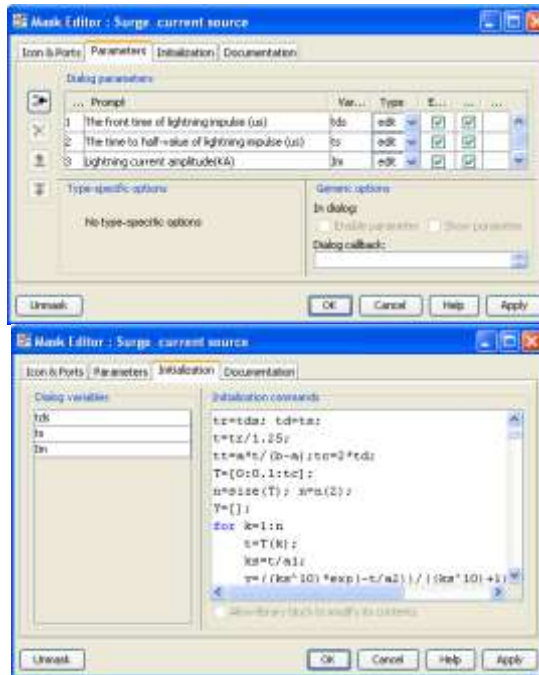


Hình 4.3: Sơ đồ khối mô hình máy phát xung sét cải tiến

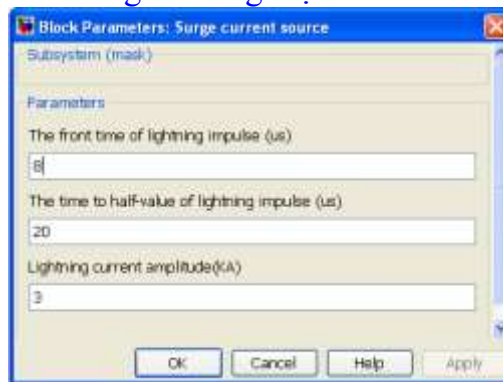
Giá trị số có được sẽ được chuyển thành tín hiệu nhờ khối Control Current Sources

- **Bước 3:** Tạo Subsystem và tạo Mask cho máy phát xung sét.

Nhóm các khối chức năng trong sơ đồ khối vào một khối Subsystem, các thông số thời gian đầu sóng, thời gian đuôi sóng và biên độ dòng sét cần tạo ra được nhập thông qua một giao diện được tạo ra từ công cụ Mask Editor và hộp thoại thông số đầu vào cho mô hình máy phát xung sét như sau:



Hình 4.4: Khai báo thông số trong thanh Parameters và chương trình truy xuất các thông số trong mục Initialization

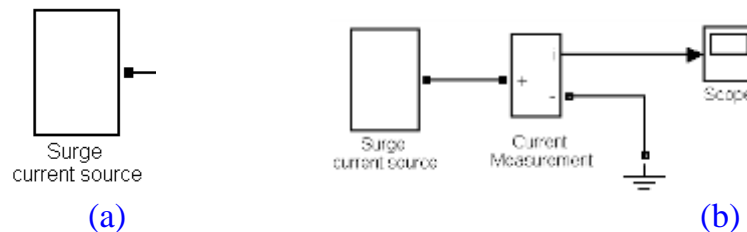


Hình 4.5: Hộp thoại thông số đầu vào của mô hình máy phát xung sét

4.1.4. Đánh giá mô hình

4.1.4.1. Mô phỏng các dạng xung dòng

Mô hình máy phát xung sét sau khi xây dựng có dạng như hình 4.6 (a) và mạch mô phỏng đánh giá mô hình máy phát xung dòng điện sét như hình 4.6 (b).



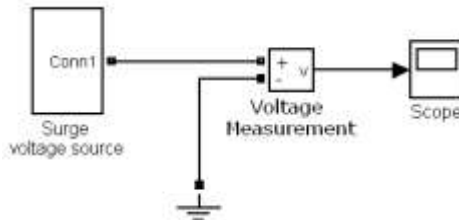
Hình 4.6: Mô hình máy phát xung dòng điện sét và mạch mô phỏng đánh giá mô hình máy phát xung dòng điện sét

Bảng 4.3: Kết quả thông số các dạng xung dòng điện sét mô phỏng

Giá trị thông số đầu vào các dạng xung sét			Giá trị được xác định dựa trên dạng sóng mô phỏng						Sai số		
$t_{ds}(\mu s)$	$t_s(\mu s)$	$I_m(A)$	$I_{peak}(A)$	$t_{10\%}$	$t_{50\%}$	$t_{90\%}$	$t_a(s)$	$t_b(s)$	$I_{peak}(\%)$	$e_1(\%)$	$e_2(\%)$
10	350	3000	2999	0,000016	0,000344	0,000024	0,00001	0,000329	0,03	0	6
1	5	3000	3000	1,54E-06	6,44E-06	2,38E-06	1,05E-06	5,005E-06	0	5	0,1
4	10	3000	2998	0,0000075	0,000017	0,0000105	3,75E-06	9,875E-06	0,07	6,25	1,25
8	20	3000	3000	0,0000144	0,0000336	0,0000208	0,000008	0,00002	0	0	0

4.1.4.2. Mô phỏng các dạng xung áp

Mạch mô phỏng đánh giá mô hình máy phát xung điện áp sét như hình 4.8, các dạng xung điện áp mô phỏng thu được bảng 4.4



Hình 4.8: Mạch mô phỏng đánh giá mô hình máy phát xung điện áp sét

Bảng 4.4: Kết quả thông số các dạng xung điện áp sét mô phỏng

Giá trị thông số đầu vào các dạng xung sét			Giá trị được xác định dựa trên dạng sóng mô phỏng						Sai số		
$t_{ds}(\mu s)$	$t_s(\mu s)$	$I_m(A)$	$I_{peak}(A)$	$t_{30\%}$	$t_{50\%}$	$t_{90\%}$	$t_a(s)$	$t_b(s)$	$I_{peak}(\%)$	$e_1(\%)$	$e_2(\%)$
10	700	3000	2996	0.000016	0.00072	0.000022	1.002E-05	0.000705	0.13	0.2	0.71
1.2	50	3000	2996	0.000002	0.000052	0.0000027	1.169E-06	5.012E-05	0.13	2.58	0.23
2	25	3000	2995	0.0000035	0.000028	0.0000046	1.837E-06	2.468E-05	0.17	8.15	1.27
2	50	3000	2999	0.0000035	0.000052	0.0000047	2.004E-06	4.87E-05	0.03	0.2	2.6
0.3	100	3000	2984	0.0000005	0.0001	6.81E-07	3.023E-07	9.953E-05	0.53	0.76	0.47
1	200	3000	3000	0.0000016	0.0002	0.0000022	1.002E-06	0.0001985	0	0.2	0.75

Nhận xét: Từ kết quả mô phỏng, tính toán đưa ra các sai số các dạng xung dòng và xung áp ở bảng 4.3 và bảng 4.4, kết quả mô phỏng các dạng xung sét được tạo ra từ mô hình máy phát xung sét cải tiến trong môi trường Matlab có sai số đáp ứng yêu cầu của xung sét chuẩn.

4.2. Mô hình thiết bị triệt xung hạ áp

4.2.1. Đặt vấn đề cải tiến

4.2.2. Xây dựng mô hình thiết bị triệt xung hạ áp cải tiến trên Matlab

4.2.2.1. Mô hình điện trở phi tuyến trên Matlab

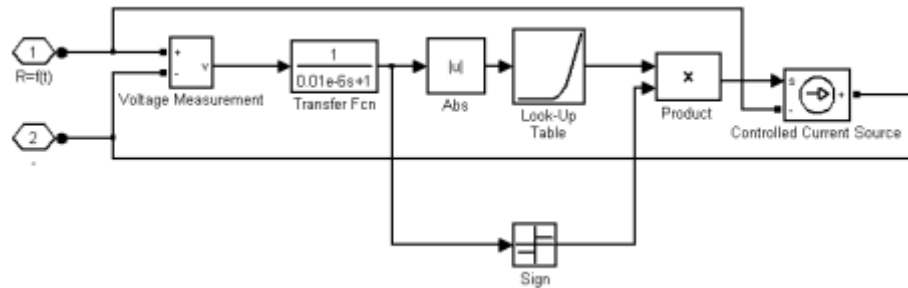
Phần tử phi tuyến $V = f(I)$ được xây dựng trên một bảng tra, với mỗi giá trị của điện áp V sẽ tương ứng với một giá trị dòng điện I , theo như biểu thức (4.8).

$$V = 10^{[b1+b2\log(I)+b3e^{-\log(I)}+b4e^{\log(I)}]} \quad (4.17)$$

Ứng với mỗi loại MOV hạ thế chuẩn, các thông số $b1, b2, b3, b4$ tương ứng được cho bởi Manfred Holzer và Willi Zapsky. Các thông số $b1, b2, b3, b4$ này được xác định dựa trên đặc tính V-I của MOV ứng với độ sai số TOL của điện áp MOV là 0%. Tùy vào từng loại MOV, độ sai số TOL chuẩn có thể thay đổi từ 10% đến 20%.

Để mô phỏng trường hợp khi MOV chịu xung dòng phóng điện, trường hợp điện áp dư của MOV có giá trị cực đại (đây cũng chính là giá trị V của MOV trong đặc tính V-I được cho trong catalogue), độ sai số dương sẽ được sử dụng cho mô hình thông qua biểu thức (4.18).

$$V = (1 + \text{TOL}/100) \times 10^{[b1+b2\log(I)+b3e^{-\log(I)}+b4e^{\log(I)}]} \quad (I > 0) \quad (4.18)$$



Hình 4.10: Sơ đồ mô hình điện trở phi tuyến của $V = f(I)$ của MOV

Mô hình điện trở phi tuyến được xem như một khối Controlled Current Source với dòng điện I là một hàm phi tuyến được điều khiển theo điện áp U .

Để thể hiện mối quan hệ $V - I$ như biểu thức (4.18), khai báo trong khối Look-Up Table như sau:

Vector of Input Values (V): V_array_input

Vector of Output Values (I): I_array_output

Trong đó, một mảng các giá trị điện áp đầu vào, một mảng các giá trị dòng điện ngõ ra. Hai mảng các giá trị điện áp và dòng điện này được khai báo và tính toán ứng với một mảng các giá trị dòng điện ngõ ra theo biểu thức (4.18) bởi một chương trình trong Initialization Commands (tạo giá trị ban đầu cho mô hình) trong chức năng Mask Editor của mô hình MOV hạ thế hoàn chỉnh.

Nhóm các khối trên lại và xây dựng được mô hình phần tử điện trở phi tuyến có đặc tính V-I theo biểu thức (4.18).

4.2.2.2. Ảnh hưởng của nhiệt độ lên đặc tuyến V-I

Nhiệt độ T gây ảnh hưởng đến khả năng trực tiếp đến tuổi thọ và khả năng dẫn dòng I_{MAX} của MOV:

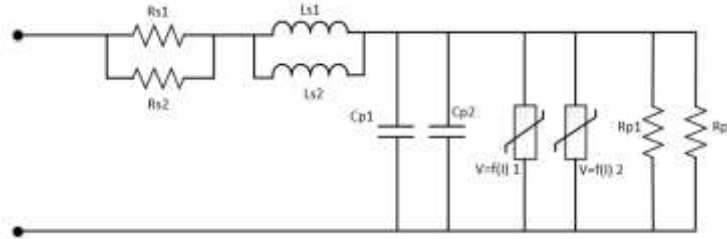
- $-55^{\circ}C \leq T \leq 85^{\circ}C$: $I_{MAXT} = I_{MAX}$ (4.19)

- $85^{\circ}C \leq T \leq 125^{\circ}C$: $I_{MAXT} = (-2,5 * T + 312,5) * I_{MAX} / 100$ (4.20)

- $T > 125^{\circ}C$: $I_{MAXT} = 0$ (4.21)

4.2.2.3. Mô hình thiết bị triệt xung MOV đa khối

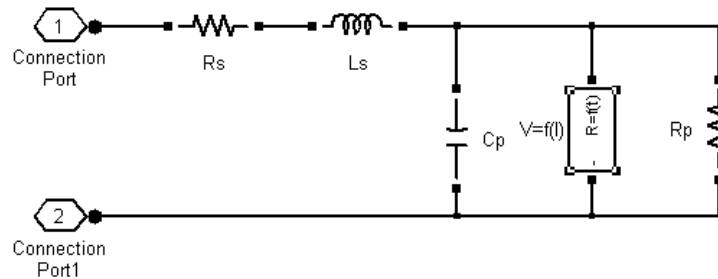
Khi gắn 2 MOV song song lại với nhau, các thành phần trong mạch 1 song song với các thành phần trong mạch 2 như hình 4.11.



Hình 4.11: Sơ đồ mạch tương đương khi gắn 2 MOV song song

4.2.2.4. Mô hình thiết bị triệt xung MOV hạ áp cải tiến trên Matlab

Mô hình MOV hạ áp trên Matlab như hình 4.12.



Hình 4.12: Mô hình cải tiến MOV hạ áp

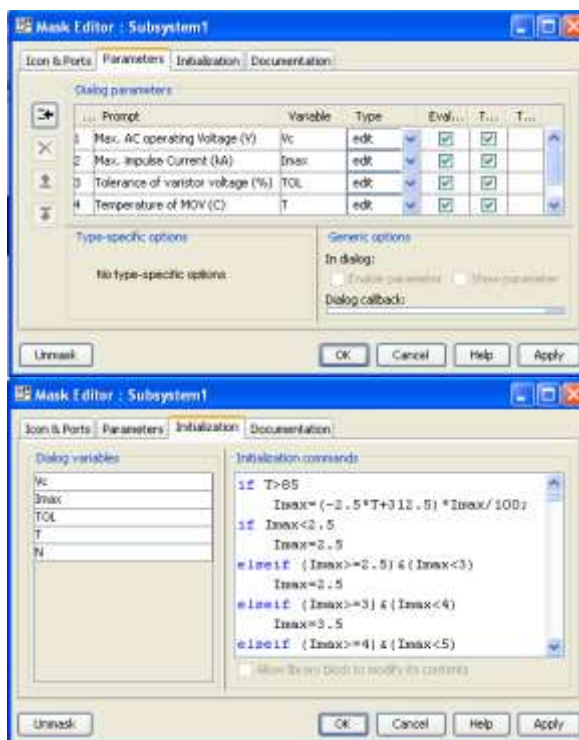
Với điện trở $R_s = 100n\Omega$, $R_p = 100M\Omega$, điện cảm L và tụ điện C có giá trị khác nhau ứng với từng loại MOV khác nhau.

Nhóm các phần tử của mô hình lại thành một khối, sử dụng Edit Mask đặt tên cho MOV, khai báo các biến cho mô hình, viết chương trình để truy suất các giá trị L, C, các thông số b1, b2, b3, b4 và tính giá trị của mảng điện áp V_array_input theo mảng dòng điện I_array_output ứng với các loại MOV khác nhau được yêu cầu mô phỏng, xây dựng biểu tượng cho MOV và cuối cùng xây dựng được mô hình MOV hạ thế hoàn chỉnh như hình 4.13.



Hình 4.13: Biểu tượng thiết bị triệt xung MOV hạ áp

Sử dụng Mask Editor để khai báo các biến trong mục Parameters như sau:



Hình 4.14: Hộp thoại khai báo biến và hộp thoại Initialization của mô hình MOV hạ áp

Trong đó: V_c là điện áp làm việc xoay chiều cực đại MOV được nhà sản xuất chuẩn hóa tương ứng với điện áp như: 230V, 275V, 440V và 750V; I_{max} là giá trị biên độ của xung dòng 8/20 μs mà MOV có thể chịu đựng, được chuẩn hóa bởi nhà sản xuất và là giá trị chịu đựng xung dòng khác nhau như: 2,5kA, 4,5kA, 6,5kA, 8kA, 25kA, 40kA, 70kA và 100kA. Hai thông số V_c và I_{max} trên để phân loại MOV, ứng với các MOV khác nhau sẽ có các giá trị L, C và b_1 , b_2 , b_3 và b_4 khác nhau; TOL là sai số % của điện áp ngưỡng MOV và thường có giá trị chuẩn là $\pm 10\%$, $\pm 15\%$, $\pm 20\%$; T là nhiệt độ MOV được đo bằng độ C và có giá trị từ -55 đến 125 độ C; N là số lượng phần tử MOV có trong thiết bị triệt xung.

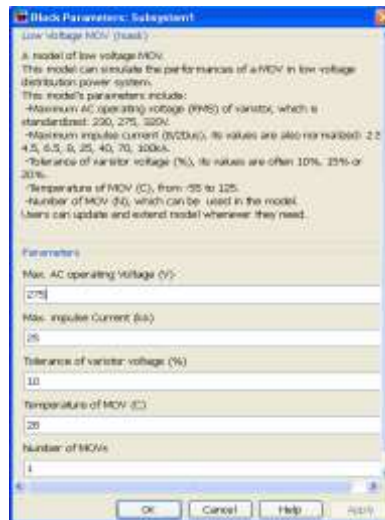
Trong mục Initialization, nhập giá trị thông số đầu vào của mô hình. Viết chương trình để truy suất các giá trị L, C, thông số b_1 , b_2 , b_3 , b_4 và tính giá trị của mảng điện áp V_{array_input} theo mảng dòng điện I_{array_output} thông qua biểu thức (4.18) ứng với các loại MOV khác nhau theo yêu cầu mô phỏng.

Hai mảng V_{array_input} và I_{array_output} khai báo cho khối Look-up Table của mô hình phần tử điện trở phi tuyến, thể hiện mối quan hệ V-I theo biểu thức (4.18) của MOV, được tính toán trước trong chương trình bởi câu lệnh:

$I_{array_output} = [0.0000001 \ 0.000001 \ 0.00001 \ 0.0001 \ 0.001 \ 0.01 \ 0.1 \ 1 \ 10 \ 100 \ 300 \ 1000 \ 2000 \ 5000 \ 10000 \ 20000 \ 40000 \ 100000 \ 1000000];$

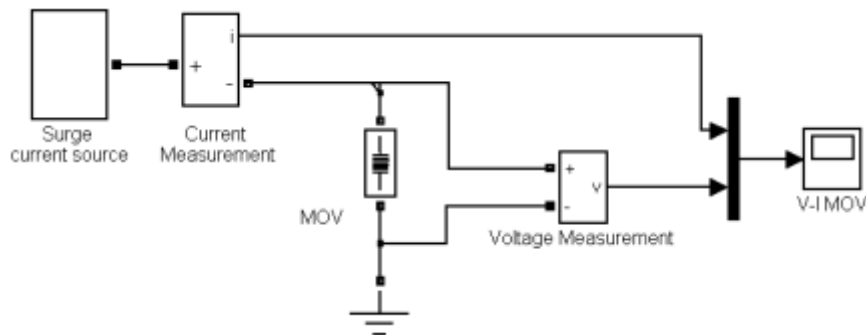
$V_{array_input} = (1 + TOL/100) * 10^{(b_1 + b_2 * \log_{10}(I_{array_output}/N) + b_3 * \exp(-\log_{10}(I_{array_output}/N)) + b_4 * \exp(\log_{10}(I_{array_output}/N)))};$

Hoàn tất các bước xây dựng mô hình trong Mask Editor, cuối cùng thu được mô hình hoàn chỉnh của thiết bị triệt xung MOV hạ áp. Các thông số đầu vào của mô hình như sau:



Hình 4.15: Hộp thông số đầu vào của mô hình thiết bị triệt xung MOV hạ áp 4.2.2.5. *Đánh giá mô hình thiết bị triệt xung với xung dòng 8/20 μs*

Mạch kiểm tra đáp ứng mô hình thiết bị triệt xung hạ áp dưới tác động của xung dòng 8/20μs trình bày ở hình 4.16.



Hình 4.16: Sơ đồ mô phỏng đáp ứng của thiết bị triệt xung hạ áp a. *Tiến hành mô phỏng với các thiết bị triệt xung hạ áp của hãng SIEMENS:*

Có các thông số kỹ thuật trình bày ở bảng 4.5 với xung dòng 8/20μs có biên độ 3kA ở nhiệt độ lần lượt là 28°C và 100°C.

Bảng 4.5: Thông số kỹ thuật thiết bị triệt xung hạ áp của hãng SIEMENS

Loại	Điện áp làm việc AC max	Dòng điện xung 8/20μs max (A)	Sai số của điện áp MOV (%)	Điện áp phóng điện max với xung 8/20μs 3kA
S14K320	320	4500	10%	1250
S20K320	320	8000	10%	1200

Thông số cần nhập vào mô hình thiết bị triệt xung hạ áp để mô phỏng đáp ứng thiết bị triệt xung S14K320 là:

- Max. AC operating Voltage (V) : 320V
- Max. Impulse Current (kA) : 4,5kA
- Tolerance of varistor voltage (%) : 10%
- Temperature of MOV (C) : 28 (hoặc 100)
- Number of MOVs (N) : 1

Thông số cần nhập vào mô thiết bị triệt xung hạ áp để mô phỏng đáp ứng thiết bị triệt xung S20K320 là:

- Max. AC operating Voltage (V) : 320V
- Max. Impulse Current (kA) : 8kA
- Tolerance of varistor voltage (%) : 10%
- Temperature of MOV (C) : 28 (hoặc 100)
- Number of MOVs (N) : 1

Bảng 4.6: Kết quả so sánh khi mô phỏng thiết bị triệt xung hạ áp của hãng SIEMENS ở 28°C và 100°C

Điện áp dư trên MOV (crest)	S14K320		S20K320	
	28°C	100°C	28°C	100°C
Theo catalogue (V)_V _{rcat}	1250	1384	1200	1208
Theo mô hình (V)_V _{rmod}	1234	1346	1173	1195
Sai số (%)_ΔV	1,28	2,75	2,25	1,07

b. Tiến hành mô phỏng cho thiết bị triệt xung hạ áp B32K320 và B60K320 của hãng EPCOS:

Các thông số kỹ thuật trình bày ở bảng 4.7 với xung dòng 8/20μs có biên độ 5kA ở nhiệt độ lần lượt là 28°C và 100°C.

Bảng 4.7: Thông số kỹ thuật thiết bị triệt xung hạ áp của EPCOS

Loại	Điện áp làm việc AC max (V)	Dòng điện xung 8/20μs max (kA)	Sai số điện áp MOV (%)	Điện áp phòng điện Max với xung dòng 8/20μs 5kA
B32K320	320	25	10	1200
B60K320	320	70	10	1050

Thông số cần nhập vào mô thiết bị triệt xung hạ áp để mô phỏng đáp ứng thiết bị triệt xung B32K320 là:

- Max. AC operating Voltage (V) : 320V
- Max. impulse Current (kA) : 25kA
- Tolerance of varistor voltage (%) : 10%
- Temperature of MOV : 28⁰C (hoặc 100⁰C)

Thông số cần nhập vào mô thiết bị triệt xung hạ áp để mô phỏng đáp ứng thiết bị triệt xung B60K320 là:

- Max. AC operating Voltage (V) : 320V
- Max. impulse Current (kA) : 70kA
- Tolerance of varistor voltage (%) : 10%
- Temperature of MOV : 280C (hoặc 1000C)
- Number of MOVs (N) : 1

Bảng 4.8: Kết quả so sánh khi mô phỏng thiết bị triệt xung hạ áp EPCOS ở 28⁰C

Điện áp dư trên MOV (crest)	B32K320		B60K320	
	28 ⁰ C	100 ⁰ C	28 ⁰ C	100 ⁰ C
Theo catalogue (V)_Vrcat	1200	1248	1050	1123
Theo mô hình (V)_Vrmod	1173	1195	981,2	1039
Sai số (%)_ΔV	2,25	4,24	6,55	7,47

Nhận xét: Qua các kết quả tổng hợp mô phỏng của mô hình thiết bị triệt xung hạ áp đối với các loại MOV của các nhà sản xuất khác nhau như trong bảng 4.6 và bảng 4.8, kết quả mô hình thiết bị triệt xung hạ áp cải tiến có độ chính xác cao (sai số điện áp dư trên mô hình so với dữ liệu của nhà sản xuất có giá trị lớn nhất là 7,47%, giá trị thấp nhất là 1,07%). Ngoài ra, có thể mô phỏng được ảnh hưởng của nhiệt độ lên thiết bị triệt xung hạ áp, khi nhiệt độ tăng lên thì điện áp dư qua thiết bị triệt xung hạ áp cũng tăng lên do dòng qua thiết bị triệt xung hạ áp giảm.

4.2.2.6. Mô phỏng số phần tử MOV trong thiết bị triệt xung hạ áp

Thực hiện mô phỏng cho việc phối hợp các thiết bị triệt xung hạ áp MFV20D511K sử dụng xung dòng 8/20 μ s có biên độ 3kA, 5kA kết quả mô phỏng các thiết bị triệt xung hạ áp ở bảng 4.9. Thông số cần nhập vào thiết bị triệt xung hạ áp như sau:

- Max. AC operating Voltage (V) : 320V
- Max. impulse Current (kA) : 6.5kA
- Tolerance of varistor voltage (%) : 10%
- Temperature of MOV : 280C
- Number of MOVs (N) : 1 (sau đó là 5 và 10)

Bảng 4.9: Kết quả so sánh khi phối hợp thiết bị triệt xung hạ áp với các dòng xung khác nhau

Số MOV trong thiết bị triệt xung	Điện áp phóng điện max với xung 8/20 μ s (Vcrest)	
	3 kA	5 kA
1	1155	1316
5	956,3	1031
10	899,7	955,8

Nhận xét: Kết quả mô phỏng trong thiết bị triệt xung có 1, 5 và 10 MOV nhận thấy càng nhiều thiết bị triệt xung hạ áp thì điện áp dư càng nhỏ; Với biên độ dòng xung sét dạng sóng 8/20 μ s càng lớn thì điện áp dư càng cao.

4.2.2.7. Kiểm tra đáp ứng thiết bị triệt xung hạ áp của các hãng

a. Thiết bị triệt xung hạ áp MFV 20D511K



Hình 4.23: Thiết bị triệt xung hạ áp MFV 20D511K

Bảng 4.10: Thông số kỹ thuật của thiết bị triệt xung hạ áp MFV 20D511K

Điện áp làm việc AC max (V)	320
Dòng điện xung 8/20 μ s max (kA crest)	6,5
Sai số điện áp MOV (%)	10
Nhiệt độ (°C)	28

❖ **Tiến hành phát xung sét 2kA vào thiết bị triệt xung hạ áp MFV 20D511K sử dụng thiết bị thực nghiệm AXOS⁸**



Hình 4.25: Kết nối thiết bị triệt xung hạ áp MFV 20D511K với hệ thống AXOS⁸

- Tại nhiệt độ phòng là 28°C thu được dạng sóng điện áp dư qua thiết bị triệt xung hạ áp MFV 20D511K như ở hình 4.26.

Bảng 4.11: So sánh điện áp dư thực tế và mô hình

Giá trị điện áp dư	Tại 28°C	Tại 100°C
Theo thực tế (V)	1190	1240
Theo mô hình (V)_Vrmod	1052	1111
Sai số (%)_ΔV	11,6	10,4

Nhận xét: Từ kết quả thí nghiệm thực tế tại phòng thí nghiệm, giá trị điện áp dư của mô hình thiết bị triệt xung được kiểm tra bằng mô hình máy phát xung so với giá trị điện áp dư qua thiết bị triệt xung hạ áp được kiểm tra bởi máy phát xung tại phòng thí nghiệm thì sai số là 11,6% khi nhiệt độ thử nghiệm của thiết bị 280°C và 10,4% khi nhiệt độ thử nghiệm của thiết bị 100°C.

Chương 5
**GIẢI PHÁP LỰA CHỌN THIẾT BỊ BẢO VỆ
 CHỐNG SÉT LAN TRUYỀN TRÊN ĐƯỜNG NGUỒN CHO CÔNG TRÌNH
 ĐIỂN HÌNH**

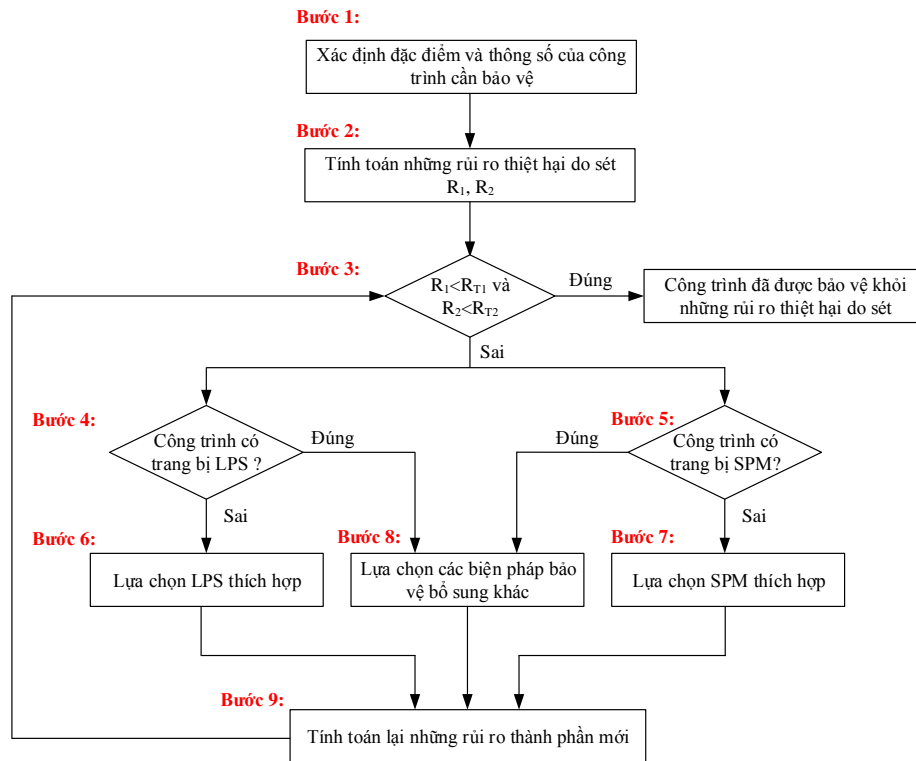
5.1. Tổng quan

Qua kết quả nghiên cứu đã phân tích, tổng hợp và đề xuất giải pháp tổng thể bảo vệ chống sét lan truyền trên đường nguồn hạ áp cho công trình viễn thông bao gồm 9 bước để xác định giá trị rủi ro thiệt hại về con người (R1) và giá trị rủi ro thiệt hại về dịch vụ (R2). Trong trường hợp các giá trị rủi ro tính toán R1 và R2 lớn hơn các giá trị rủi ro cho phép tương ứng RT1 và RT2 thì rủi ro thiệt hại do sét gây ra là rất lớn. Do đó, cần phải lựa chọn giải pháp bảo vệ chống sét để giảm rủi ro thiệt hại về con người và dịch vụ. Ngoài ra, cũng đề xuất quy trình gồm 6 bước cho việc lựa chọn và kiểm tra khả năng bảo vệ của thiết bị bảo vệ chống sét lan truyền. Các qui trình tính toán đề xuất như trên được áp dụng cho một trạm viễn thông thực tế tại huyện Long Thành, tỉnh Đồng Nai, Việt Nam và được thực hiện mô phỏng trên Matlab-Simulink

5.2. Quy trình tính toán và lựa chọn thiết bị bảo vệ chống sét lan truyền trên đường nguồn

5.2.1. Quy trình đánh giá rủi ro cho công trình điển hình

Quy trình đánh giá rủi ro cho công trình điển hình gồm 9 bước và được trình bày như hình 5.1.

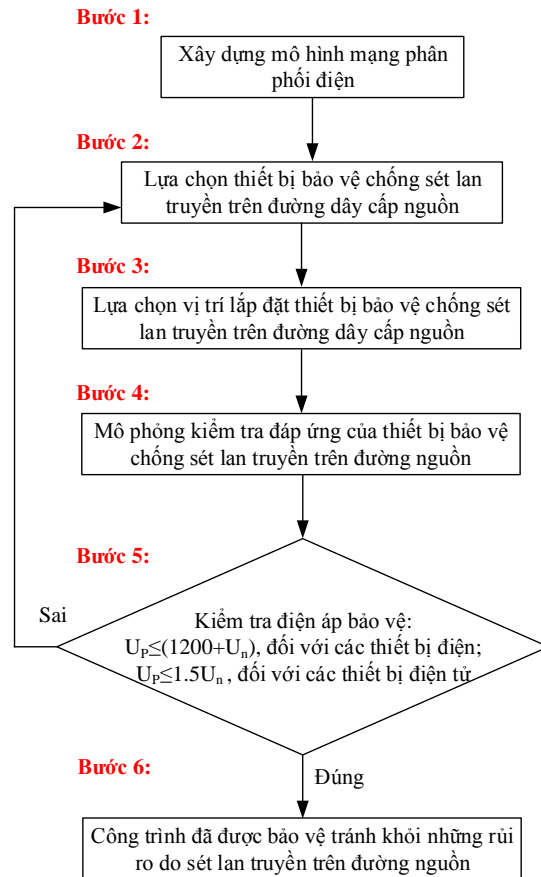


Chú thích: R₁, R₂ tương ứng là giá trị rủi ro thiệt hại về con người và giá trị rủi ro thiệt hại về dịch vụ; R_T là giá trị rủi ro chấp nhận được; LPS (Lightning Protection System) hệ thống bảo vệ chống sét đánh trực tiếp; SPM (Surge Protection Measures) biện pháp bảo vệ chống sét lan truyền.

Hình 5.1: Quy trình đánh giá rủi ro cho trạm viễn thông

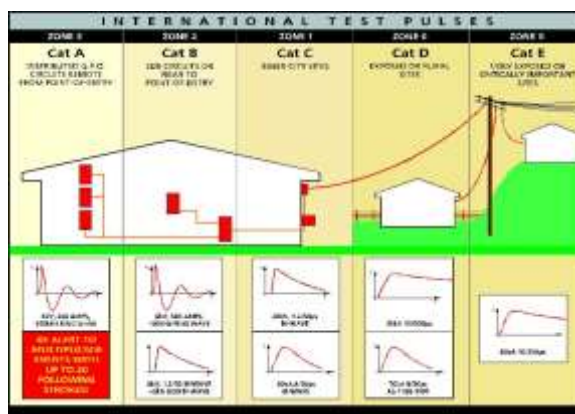
5.2.2. Quy trình lựa chọn và kiểm tra khả năng bảo vệ của thiết bị bảo vệ chống sét lan truyền

Sau khi đánh giá rủi ro do sét gây ra, quy trình lựa chọn và kiểm tra khả năng bảo vệ của thiết bị bảo vệ chống sét lan truyền gồm 6 và được thực hiện như hình 5.2.



Chú thích: với U_p là điện áp dư (điện áp bảo vệ) tại đầu cực các thiết bị; U_n là điện áp danh định của hệ thống.

Hình 5.2: Quy trình lựa chọn và kiểm tra khả năng bảo vệ của thiết bị bảo vệ chống sét lan truyền trên đường nguồn



Hình 5.3: Các dạng xung sét tiêu chuẩn

Bảng 5.1: Xung sét cực đại theo vùng bảo vệ và mật độ sét

N_g (lần/km ² /năm)	Cấp A	Cấp B	Cấp C	Cấp D	Cấp E
>2	10kA	20kA	40kA	70kA	100kA
0.5÷2	5kA	20kA	20kA	40kA	65kA
<0.5	3kA	5kA	15kA	40kA	65kA

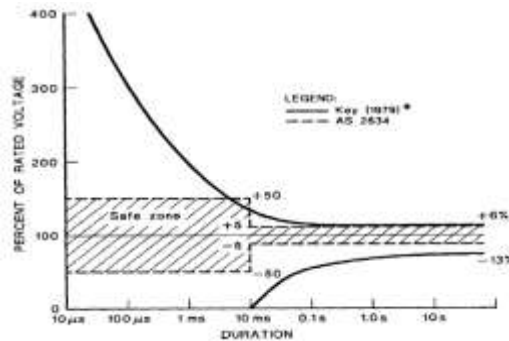
- Theo IEC 61643-1 đối với các thiết bị điện, điện áp bảo vệ:

$$U_P \leq (1200 + U_n) \quad (5.1)$$

- Theo AS 1768 đối với các thiết bị điện tử, điện áp bảo vệ (như Hình 5.4):

$$U_P \leq 1.5U_n \quad (5.2)$$

Nếu điện áp bảo vệ không thỏa (5.1) và (5.2) thì quay lại Bước 2.



Hình 5.4: Giá trị quá áp chấp nhận được cho các thiết bị điện tử, máy tính

5.3. Tính toán cho công trình điển hình

5.3.1. Đặc điểm công trình điển hình

- Công trình điển hình là một trạm viễn thông ở huyện Long Thành, tỉnh Đồng Nai, Việt Nam được xây dựng bằng bê tông cốt thép, khu vực có mật độ sét là 13,7 lần/km²/năm và không có công trình khác cao hơn lân cận. Tháp anten được xây dựng bằng thép cách nhà trạm 4m và có độ cao 50m.

- Chiều dài đường dây cáp nguồn và các đường dây thông tin liên lạc kết nối đến nhà trạm tương ứng là 500m và 1000m.

- Hệ thống bảo vệ chống sét đánh trực tiếp cho công trình đã được trang bị và trên các đường dây thông tin liên lạc đã được lắp đặt hệ thống bảo vệ chống sét lan truyền.

- Trên đường dây cáp nguồn chưa được lắp đặt hệ thống bảo vệ chống sét lan truyền.

- Trạm viễn thông cần được đánh giá rủi ro thiệt hại về con người và rủi ro thiệt hại về dịch vụ do sét gây ra để lựa chọn thiết bị bảo vệ chống sét lan truyền trên đường nguồn.

5.3.2. Đánh giá rủi ro thiệt hại do sét cho trạm viễn thông

Quy trình đánh giá rủi ro cho trạm viễn thông được thực hiện như Hình 5.1

Bảng 5.2: Những giá trị rủi ro thành phần cho rủi ro R_1

Rủi ro thành phần	Giá trị
Rủi ro liên quan đến thiệt hại về sự sống do sét đánh trực tiếp vào tháp anten	R_{A_1} $3,87.10^{-10}$

Rủi ro thiệt hại về vật chất khi sét đánh trực tiếp vào tháp anten	R_{B_1}	$3,87.10^{-6}$
Rủi ro thiệt hại về vật chất khi sét đánh trực tiếp vào đường dây nguồn	R_{V/P_1}	$6,13.10^{-10}$
Rủi ro thiệt hại về vật chất khi sét đánh trực tiếp vào đường dây viễn thông	R_{V/T_1}	$1,09.10^{-8}$
Rủi ro liên quan đến sự sống do sét đánh trực tiếp vào đường dây cấp nguồn lan truyền vào bên trong cấu trúc	R_{U/P_1}	$1,53.10^{-11}$
Rủi ro liên quan đến sự sống do sét đánh trực tiếp vào đường dây viễn thông lan truyền vào bên trong cấu trúc	R_{U/T_1}	$2,74.10^{-10}$
Tổng rủi ro R_1		$3,88.10^{-6}$

Bảng 5.3: Những giá trị rủi ro thành phần cho rủi ro R_2

Rủi ro thành phần		Giá trị
Rủi ro thiệt hại về vật chất khi sét đánh trực tiếp vào tháp anten	R_{B_2}	$1,935.10^{-6}$
Rủi ro liên quan đến lỗi hệ thống bên trong khi sét đánh vào tháp anten	R_{C_2}	$9,6.10^{-3}$
Rủi ro liên quan đến lỗi hệ thống bên trong khi sét đánh gần nhà trạm lan truyền theo đường dây cấp nguồn	R_{M/P_2}	0,017
Rủi ro liên quan đến lỗi hệ thống bên trong khi sét đánh gần nhà trạm lan truyền theo đường dây viễn thông	R_{M/T_2}	$3,99.10^{-5}$
Rủi ro thiệt hại về vật chất khi sét đánh trực tiếp vào đường dây nguồn	R_{V/P_2}	$3,06.10^{-10}$
Rủi ro thiệt hại về vật chất khi sét đánh trực tiếp vào đường dây viễn thông	R_{V/T_2}	$5,48.10^{-9}$
Rủi ro liên quan đến lỗi hệ thống bên trong khi sét đánh vào đường dây cấp nguồn	R_{W/P_2}	$1,53.10^{-4}$
Rủi ro liên quan đến lỗi hệ thống bên trong khi sét đánh vào đường dây viễn thông	R_{W/T_2}	$2,74.10^{-6}$
Rủi ro liên quan đến lỗi hệ thống bên trong khi sét đánh gần đường dây cấp nguồn đi vào cấu trúc	R_{Z/P_2}	$4,6.10^{-3}$
Rủi ro liên quan đến lỗi hệ thống bên trong khi sét đánh gần đường dây viễn thông đi vào cấu trúc	R_{Z/T_2}	$1,37.10^{-4}$
Tổng rủi ro R_2		0,032

❖ **Bước 3:** So sánh giá trị R_1 và R_2 với các giá trị rủi ro cho phép tương ứng là R_{T1} và R_{T2} :

Bảng 5.4: So sánh giá trị tính toán với các giá trị rủi ro cho phép

Giá trị rủi ro tính toán được	Giá trị rủi ro chấp nhận được	Kết luận
$R_1 = 3,88.10^{-6}$	$R_{T1} = 10^{-5}$	$R_1 < R_{T1}$
$R_2 = 0,032$	$R_{T2} = 10^{-3}$	$R_2 > R_{T2}$
⇒ Giá trị rủi ro R_2 cao hơn giá trị rủi ro chấp nhận được.		

❖ **Bước 4:** Xem xét công trình có trang bị LPS hay chưa?

Công trình đã được trang bị LPS cấp I.

❖ **Bước 5:** Xem xét công trình có trang bị SPM hay chưa?

Công trình chưa được trang bị SPM trên đường dây cấp nguồn.

❖ **Bước 7:** Lựa chọn và trang bị SPM thích hợp cho đường dây cấp nguồn:

Chọn SPD với LPL cấp II ($P_{SPD/P}=0,05.0,02=0,001$)

❖ **Bước 9:** Tính toán lại những giá trị rủi ro thành phần mới và giá trị rủi ro tổng R_2 .

Các bước tính toán rủi ro thiệt hại do sét cho trạm viễn thông khi lắp đặt SPD trên đường nguồn được trình bày ở phụ lục 12, kết quả tính toán trình bày ở Bảng 5.5 và bảng 5.6.

Bảng 5.5: Những giá trị rủi ro thành phần cho rủi ro R_1

Rủi ro thành phần		Giá trị
Rủi ro liên quan đến thiệt hại về sự sống do sét đánh trực tiếp vào tháp anten	R_{A_1}	$3,87.10^{-10}$
Rủi ro thiệt hại về vật chất khi sét đánh trực tiếp vào tháp anten	R_{B_1}	$5,42.10^{-8}$
Rủi ro thiệt hại về vật chất khi sét đánh trực tiếp vào đường dây nguồn	R_{V/P_1}	$6,13.10^{-10}$
Rủi ro thiệt hại về vật chất khi sét đánh trực tiếp vào đường dây viễn thông	R_{V/T_1}	$1,09.10^{-8}$
Rủi ro liên quan đến sự sống do sét đánh trực tiếp vào đường dây cấp nguồn lan truyền vào bên trong cấu trúc	R_{U/P_1}	$1,53.10^{-11}$
Rủi ro liên quan đến sự sống do sét đánh trực tiếp vào đường dây viễn thông lan truyền vào bên trong cấu trúc	R_{U/T_1}	$2,74.10^{-10}$
Tổng rủi ro R_1		$6,64.10^{-8}$

Bảng 5.6: Những giá trị rủi ro thành phần cho rủi ro R_2

Rủi ro thành phần		Giá trị
Rủi ro thiệt hại về vật chất khi sét đánh trực tiếp vào tháp anten	R_{B_2}	$2,71.10^{-8}$
Rủi ro liên quan đến lỗi hệ thống bên trong khi sét đánh vào tháp anten	R_{C_2}	$1,35.10^{-6}$
Rủi ro liên quan đến lỗi hệ thống bên trong khi sét đánh gần nhà trạm lan truyền theo đường dây cấp nguồn	R_{M/P_2}	$1,77.10^{-4}$
Rủi ro liên quan đến lỗi hệ thống bên trong khi sét đánh gần nhà trạm lan truyền theo đường dây viễn thông	R_{M/T_2}	$3,99.10^{-5}$
Rủi ro thiệt hại về vật chất khi sét đánh trực tiếp vào đường dây nguồn	R_{V/P_2}	$3,06.10^{-10}$
Rủi ro thiệt hại về vật chất khi sét đánh trực tiếp vào đường dây viễn thông	R_{V/T_2}	$5,48.10^{-9}$
Rủi ro liên quan đến lỗi hệ thống bên trong khi sét đánh vào đường dây cấp nguồn	R_{W/P_2}	$1,53.10^{-6}$
Rủi ro liên quan đến lỗi hệ thống bên trong khi sét đánh vào đường dây viễn thông	R_{W/T_2}	$2,74.10^{-6}$
Rủi ro liên quan đến lỗi hệ thống bên trong khi sét đánh gần đường dây cấp nguồn đi vào cấu trúc	R_{Z/P_2}	$4,6.10^{-5}$
Rủi ro liên quan đến lỗi hệ thống bên trong khi sét đánh gần	R_{Z/T_2}	$1,37.10^{-4}$

đường dây viễn thông đi vào cấu trúc		
Tổng rủi ro R_2		$4,06.10^{-4}$

Sau khi tính toán lại những giá trị rủi ro thành phần và giá trị rủi ro tổng R_2 , quay lại bước 3:

Bảng 5.7: So sánh giá trị tính toán với các giá trị rủi ro cho phép

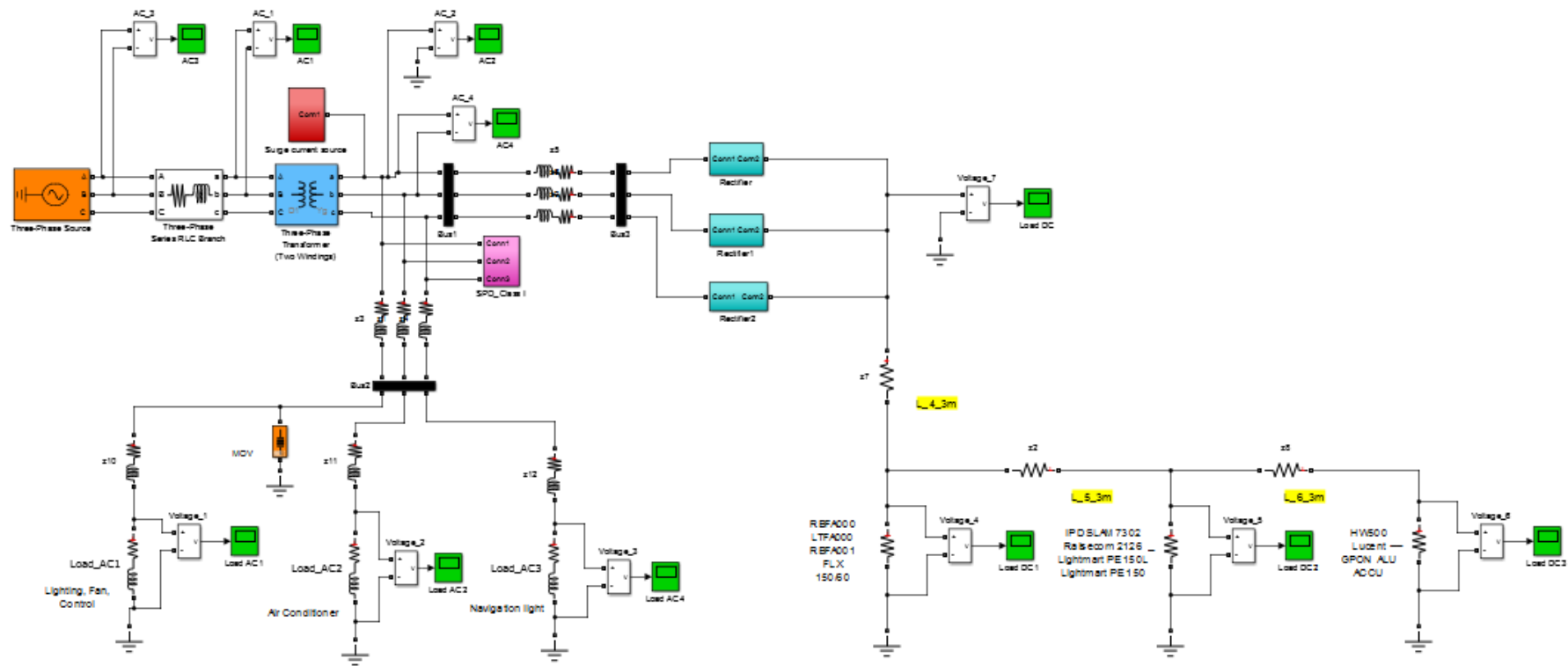
Giá trị rủi ro tính toán được	Giá trị rủi ro chấp nhận được	Kết luận
$R_1 = 6,64.10^{-8}$	$R_{T1} = 10^{-5}$	$R_1 < R_{T1}$
$R_2 = 4,06.10^{-4}$	$R_{T2} = 10^{-3}$	$R_2 < R_{T2}$
⇒ Giá trị rủi ro R_1 và R_2 đều thấp hơn giá trị rủi ro chấp nhận được.		

Nhận xét: Các giá trị rủi ro R_1 và R_2 nhỏ hơn các giá trị rủi ro chấp nhận được tương ứng là R_{T1} và R_{T2} . Do đó, trên cơ sở lý thuyết tính toán rủi ro công trình đã được bảo vệ khỏi những rủi ro thiệt hại do sét gây ra, tiếp tục tiến hành kiểm tra khả năng bảo vệ của thiết bị bảo vệ chống sét lan truyền trên đường nguồn.

5.3.3. Lựa chọn và kiểm tra khả năng bảo vệ của thiết bị bảo vệ chống sét lan truyền trên đường nguồn

❖ **Bước 1:** Xây dựng mô hình mạng phân phối điện trên phần mềm mô phỏng.

Dựa trên sơ đồ cấp điện chính cho trạm viễn thông như phụ lục 5.2 và bảng tổng hợp thiết bị có trong nhà trạm như phụ lục 5.3, xây dựng mô hình mạng phân phối điện trên phần mềm mô phỏng Matlab như hình 5.5.



Hình 5.5: Sơ đồ mô phỏng mạng phân phối điện trên phần mềm Matlab

- ❖ **Bước 2:** Lựa chọn thiết bị bảo vệ chống sét lan truyền trên đường dây cấp nguồn:
 - Tại tủ phân phối chính chọn SPD cấp I có điện áp định mức bằng 275V, dòng xung định mức bằng 40 kA hoặc 70 kA.
 - Tại tủ phân phối phụ AC chọn SPD cấp II có điện áp định mức bằng 275V, dòng xung định mức bằng 25 hoặc 40 kA.

- ❖ **Bước 3:** Chọn vị trí lắp đặt thiết bị bảo vệ chống sét lan truyền trên đường dây cấp nguồn:

Chọn vị trí lắp đặt thiết bị bảo vệ chống sét lan truyền trên đường dây cấp nguồn tại tủ phân phối chính, tủ phân phối phụ.

- ❖ **Bước 4:** Tiến hành mô phỏng kiểm tra đáp ứng của thiết bị bảo vệ chống sét lan truyền trên đường dây cấp nguồn và khảo sát điện áp dư qua tải:

Do mật độ sét khu vực đặt trạm viễn thông là 12 lần/km²/năm, theo Hình 5.3 và Bảng 5.1 tiến hành mô phỏng với dòng sét 8/20μs 40kA, khi chưa lắp đặt SPD. Giá trị mô phỏng điện áp dư tại các tải được trình bày ở Bảng 5.7, dạng sóng điện áp dư qua các tải trình bày ở hình 5.6 và hình 5.7.

Bảng 5.8: Giá trị mô phỏng điện áp dư qua các tải khi chưa lắp SPD

Biên độ xung thử nghiệm 8/20μs (kA)	Giá trị đỉnh điện áp dư qua tải AC (V)	Giá trị đỉnh điện áp dư qua tải DC (V)
40	38600	460

- ❖ **Bước 5:** Kiểm tra điện áp bảo vệ:

Từ Bảng 5.7, nhận thấy:

- Đối với các thiết bị điện: $U_p = 38600V \geq (1200 + U_n) = 1430V$
- Đối với các thiết bị điện tử: $U_p = 460V \geq 1.5U_n = 72V$

Giá trị điện áp dư qua các tải AC và DC đều không thỏa giá trị điện dư cho phép theo quy định. Do đó, cần phải lắp đặt SPD để bảo vệ chống sét lan truyền trên đường nguồn cho các thiết bị điện điện tử.

- ❖ **Quay lại Bước 2:**

Chọn SPD cấp I được lắp đặt tại tủ phân phối chính có điện áp định mức là 275V, dòng xung định mức là 40kA, 70kA hoặc 100kA; Chọn SPD cấp II được lắp đặt tại tủ phân phối phụ AC có điện áp định mức là 275V, dòng xung định mức là 25kA, 40kA hoặc 70kA.

- ❖ **Bước 3:** Chọn vị trí lắp đặt thiết bị bảo vệ chống sét lan truyền trên đường dây cấp nguồn:

Chọn vị trí lắp đặt thiết bị bảo vệ chống sét lan truyền trên đường dây cấp nguồn tại tủ phân phối chính, tủ phân phối phụ.

- ❖ **Bước 4:** Tiến hành mô phỏng kiểm tra đáp ứng của thiết bị bảo vệ chống sét lan truyền trên đường dây cấp nguồn và khảo sát điện áp dư qua tải:

Mô phỏng với dòng sét 8/20μs 40kA, khi có lắp đặt SPD. Giá trị mô phỏng điện áp dư tại các tải được trình bày ở bảng 5.8 và bảng 5.9,.

Bảng 5.9: Giá trị mô phỏng điện áp dư qua tải AC khi lắp SPD tại tủ phân phối chính và tủ phân phối phụ

Biên độ xung thử nghiệm 8/20 μ s	Sai số điện áp MOV (%)	SPD cấp I			SPD cấp II		
		Điện áp định mức MOV (V) (SPD cấp I)	Dòng xung định mức MOV (kA)	Giá trị đỉnh điện áp dư qua tải (V)	Điện áp định mức MOV (V) (SPD cấp II)	Dòng xung định mức MOV (kA)	Giá trị đỉnh điện áp dư qua tải (V)
40	10	275	40	1779	275	25	1117
						40	1071
40	10	275	70	1661	275	25	1089
						40	1046
						70	1011
40	10	275	100	1407	275	25	1008
						40	976
						70	950

Bảng 5.10: Giá trị điện áp dư qua tải DC khi lắp SPD tại tủ phân phối chính

Điện áp định mức MOV (V) (SPD cấp I)	Dòng xung định mức MOV (kA)	Sai số điện áp MOV (%)	Biên độ xung thử nghiệm 8/20 μ s	Giá trị đỉnh điện áp dư qua tải (V)
275	40	10	40	63.7
275	70	10	40	63.7
275	100	10	40	63.9

❖ **Bước 5:** Kiểm tra điện áp bảo vệ:

- Từ bảng 5.8, nhận thấy: Đối với các thiết bị điện, các giá trị điện áp dư qua tải U_P khi có lắp đặt SPD cấp I tại tủ phân phối chính và SPD cấp II tại tủ phân phối phụ đều nhỏ hơn $(1200 + U_n) = 1430V$.

- Từ bảng 5.9, nhận thấy: Đối với các thiết bị điện tử, các giá trị điện áp dư qua tải U_P khi có lắp đặt SPD cấp I tại tủ phân phối chính và SPD đều nhỏ hơn $1.5U_n = 72V$.

Ta chọn SPD cấp I và cấp II có điện áp định mức 275V và có dòng xung định mức tương ứng là 40kA và 25kA.

❖ **Bước 6:** Kết luận công trình đã được bảo vệ tránh khỏi những rủi ro do sét lan truyền trên đường nguồn.

5.4. Kết luận

Nội dung chương 5 đã đề xuất giải pháp tổng thể bảo vệ chống sét lan truyền trên đường nguồn cho công trình viễn thông theo các bước: Xác định rủi ro thiệt hại do sét bằng phương pháp giải tích và áp dụng phương pháp mô hình hóa mô phỏng để lựa chọn

thông số và vị trí lắp đặt thiết bị bảo vệ chống sét lan truyền trên đường nguồn đáp ứng được yêu cầu kỹ thuật.

Hiệu quả của giải pháp đề xuất được áp dụng cho công trình viễn thông điển hình tại huyện Long Thành, tỉnh Đồng Nai, Việt Nam, và có các nhận xét như sau:

- Khi chưa áp dụng các biện pháp bảo vệ chống sét lan truyền thì công trình có giá trị rủi ro thiệt hại về dịch vụ là $R_2=0,047$ lớn hơn giá trị rủi ro cho phép. Khi được lắp đặt SPD với LPL cấp II thì giá trị rủi ro $R_2=0,00019$ và thấp hơn các giá trị rủi ro cho phép;

- Kết quả mô phỏng cho thấy để đạt hiệu quả bảo vệ theo yêu cầu, cần lắp đặt SPD cấp I 40kA, 275V tại tủ phân phối chính và SPD cấp II 25kA, 275V tại tủ phân phối phụ. Điện áp bảo vệ tại các điểm kiểm tra đều có giá trị thấp hơn điện áp cho phép qui định bởi các tiêu chuẩn IEC 6143-1 và AS 1768.

Chương 6

KẾT LUẬN

6.1 Kết quả nghiên cứu

Luận án đã tập trung nghiên cứu hoàn thành các nội dung chính trong đề tài như sau:

1. So sánh với phương pháp tính toán rủi ro thiệt hại do sét theo tiêu chuẩn IEC 62305-2, phương pháp cải tiến đánh giá rủi ro thiệt hại do sét có mức độ chi tiết hơn, có xem xét đến xác suất gây phóng điện nguy hiểm phụ thuộc vật liệu xây dựng công trình, xác suất dây dẫn bên ngoài có thể mang xung sét vào công trình, xác suất sét đánh trực tiếp vào công trình gây hư hỏng thiệt hại cho hệ thống bên trong, số lượng đường dây dịch vụ kết nối đến công trình và có đề cập đến hệ số che chắn dọc đường dây cấp nguồn cho công trình. Kết quả tính toán với công trình điển hình cho thấy có sự khác biệt đáng kể về giá trị thiệt hại về con người R1 (thấp hơn khoảng 26%), và giá trị thiệt hại về kinh tế R4 (thấp hơn khoảng 13%).

2. Nghiên cứu và xây dựng mô hình máy phát xung sét áp dụng cho 10 dạng sóng khác nhau trong môi trường Matlab có độ chính xác cao so với các yêu cầu của tiêu chuẩn IEC 62475, và IEEE Std C62.45. Đối với xung dòng điện sét, giá trị sai số lớn nhất về dòng điện đỉnh là 0.07%, thời gian đầu sóng là 6,25%, thời gian đuôi sóng là 6%. Đối với xung điện áp sét, giá trị sai số lớn nhất về dòng điện đỉnh là 0.53%, thời gian đầu sóng là 8,15%, thời gian đuôi sóng là 2,6%.

3. Nghiên cứu và xây dựng mô hình chi tiết thiết bị triệt xung trên đường nguồn hạ áp trong môi trường Matlab có xét đến các thông số như: Điện áp làm việc cực đại, dòng xung cực đại, sai số điện áp ngưỡng, nhiệt độ môi trường và số phần tử MOV mắc song song. Độ chính xác của mô hình thiết bị triệt xung được kiểm tra bằng việc so sánh điện áp dư cho trong catalogue của nhà sản xuất và điện áp dư thông qua mô phỏng ứng với xung sét tiêu chuẩn. Sai số điện áp dư có giá trị thấp nhất là 1,07% và cao nhất là 7,47% (<10%).

4. Đề xuất giải pháp tổng thể bảo vệ chống sét lan truyền trên đường nguồn cho công trình viễn thông theo các bước: xác định rủi ro thiệt hại do sét bằng phương pháp giải tích và áp dụng phương pháp mô hình hóa mô phỏng để lựa chọn thông số và vị trí lắp đặt thiết bị bảo vệ chống sét lan truyền trên đường nguồn đáp ứng được yêu cầu kỹ thuật. Hiệu quả của giải pháp đề xuất được áp dụng cho công trình viễn thông điển hình tại huyện Long Thành, tỉnh Đồng Nai, Việt Nam.

5. Các điểm mới của đề tài được công bố trên các tạp chí chuyên ngành trong và ngoài nước: 1 bài báo công bố hội nghị quốc tế; 1 bài báo công bố trên tuyển tập của NXB Springer; 1 bài báo công bố ở hội nghị IEEE; 3 bài báo đăng trên tạp chí quốc tế; 3 bài báo đăng trên tạp chí trong nước có tính điểm trong danh mục hội đồng chức danh giáo sư.

6.2 Hướng phát triển của đề tài

Để công trình nghiên cứu mang tính hệ thống và toàn diện, luận án có thể tiếp tục nghiên cứu phát triển theo các nội dung như sau:

1. Nghiên cứu và đề xuất giải pháp chống sét toàn diện bao gồm: Chống sét trực tiếp, chống sét lan truyền trên đường tín hiệu.
2. Nghiên cứu ảnh hưởng của hệ thống nối đất đến hiệu quả bảo vệ chống sét.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. IEC 62305-2, (2011), Protection against lightning -Part 2: Risk management.
- [2]. NF C 17-102, (2011), Protection against lightning: Early streamer emission lightning protection systems.
- [3]. AS 1768, (2002), Australian/New Zealand Standard, Lightning protection.
- [4]. A Guide to BS EN 62305:2006 Protection against Lightning.
- [5]. NFPA 780, (2004), Standard for the Installation of Lightning Protection Systems.
- [6]. IEEE Std 1410, (2010), IEEE Guide for Improving the Lightning Performance of Electric Power Overhead Distribution Lines.
- [7]. Cui Xue, (2010), Lightning Risk Assessment of Teaching Building and Electronics Based On the New National Standard, International Conference on Electrical and Control Engineering.
- [8]. Riadh W. Y. Habash, Voicu Groza, (2010), Lightning Risk Assessment of Power Systems, IEEE Electrical Power & Energy Conference.
- [9]. Xiaolan Li, Jiahong Chen, Chun Zhao, (2013), Study of Lightning Damage Risk Assessment Method for Power Grid, Scientific Research.
- [10]. Carlos A. Avendaño, Henry F. Ibáñez, Helmuth E. Ort, Assessment software of the risk of damage due to lightning, Electrical Protection Research Group - GIPUD, Distrital University “Francisco José de Caldas”.
- [11]. Roberto Pomponi, Riccardo Tommasini, (2012), Risk assessment and lightning protection for PV systems and solar power plants, International Conference on Renewable Energies and Power Quality.
- [12]. Giovanni Luca Amicucci, Fabio Fiamingo, Tomasz Kisielewicz, (2012), Risk assessment of photovoltaic installations, due to lightning, according to IEC 62305 - 2nd International Conference on Lightning Protection (ICLP), Vienna, Austria Edition.
- [13]. Carlo Mazzetti, Tomasz Kisielewicz, Fabio Fiamingo, (2012), Rational Approach to Assessment of Risk Due to Lightning for Nuclear Power Plants, Przegląd elektrotechniczny.
- [14]. I. Tarimer, B. Kuca, T. Kisielewicz, (2012), A Case Study to Risk Assessment for Protecting Airports against Lightning, *Elektronika ir elektrotechnika*.
- [15]. Carlos T. Mata, Tatiana Bonilla, (2012), Lightning Risk Assessment Tool, Implementation of the IEC 62305-2 Standard on Lightning Protection, *International Conference on Lightning Protection (ICLP), Vienna, Austria*.
- [16]. Alexander Kern, Christian Braun, (2014), Risk management according to IEC 62305-2 edition 2: 2010-12, Assessment of structures with a risk of explosion, *International Conference on Lightning Protection (ICLP), Shanghai, China*.
- [17]. ITU-T K.39, RISK assessment of damages to telecommunication sites due to lightning discharges, International telecommunication union.
- [18]. WU Guifang. WENXishan , CHAIXuzheng, (2002), Assessment of the Risk of Damage due to Lightning in the Information Systems, IEEE.
- [19]. P.Unahalekhaka, K.Chinnabutr, (2007), Risk Assessment of Damages due to Lightning Discharges: A Case Study to a Telecommunication System in Singburi Province of Thailand, Conference on Circuits, Systems, Signal and Telecommunications, Gold Coast, Australia.

- [20]. Z. Janklovics, The place and role of power supply in the overvoltage protection and risk assessment of damages to telecommunication sites due to lightning discharges, HTC PKI Telecommunications Development Institute.
- [21]. TCXDVN, TCXDVN 9385 : 2012, Chống sét cho công tr.nh xây dựng - hướng dẫn thiết kế, kiểm tra và bảo tr. hệ thống.
- [22]. TCVN, TCVN 9888-2:2013, Bảo vệ chống sét, phần 2: Quản lý rủi ro.
- [23]. QCVN 32:2011/BTTTT, Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chống sét cho các trạm viễn thông và mạng cáp ngoại vi viễn thông.
- [24]. Lê Trường Sinh, Nguyễn Duy Việt, Trịnh quang Khải, (2013), Tính toán rủi ro do sét đánh trạm gốc và đề xuất sử dụng kỹ thuật phủ sóng hai lớp chéo cell trong hệ thống GSM-R, Tạp chí CNTT&TT.
- [25]. Nguyễn Thị Hà Nguyên, (2014), Luận văn thạc sĩ, Tính toán mức độ rủi ro thiệt hại do sét cho công trình viễn thông.
- [26]. IEC 60060-1, (1989), High-voltage test techniques – Part 1: General definitions and test requirements.
- [27]. IEC 60950-1, (2005), Information technology equipment – Safety – Part 1: General requirements.
- [28]. IEC 62475, (2010), High-current test techniques - Definitions and requirements for test currents and measuring systems
- [29]. IEEE Std C62.41.2, IEEE Recommended Practice on Characterization of Surges in Low-Voltage (1000 V and Less) AC Power Circuits, IEEE Power Engineering Society.
- [30]. IEEE Std C62.45, IEEE Recommended Practice on Surge Testing for Equipment Connected to Low-Voltage (1000 V and Less) AC Power Circuits, IEEE Power Engineering Society.
- [31]. I.F. GONOS, N. LEONTIDES, F.V. TOPALIS, I.A. STATHOPULOS, Analysis and design of an impulse current generator.
- [32]. Anitya Kumar Shukla, Dr. Ranjana Singh , (2014), Analysis of Impulse Voltage Generator and Effect of Variation In Parameters by Simulation, International Journal of Electrical and Electronics Research.
- [33]. Madhu PALATI, Construction and evaluation of single stage Marx generator, Journal of Electrical Engineering.
- [34]. Attiq Ur-Rehman, Nasrullah Khan, (2016), Design and Fabrication of a High Voltage Lightning Impulse Generator, Scientific research.
- [35]. Ramleth Sheeba, Madhavan Jayaraju, Thangal Kunju Nediyazhikam Shanavas, (2012), Simulation of Impulse Voltage Generator and Impulse Testing of Insulator using MATLAB Simulink, World Journal of Modelling and Simulation.
- [36]. M. Jayaraju, I. Daut, M. Adzman, (2008), Impulse voltage generator modelling using MATLAB, World Journal of Modelling and Simulation.
- [37]. Devarajan.M and Premi.V, (2015), Simulation of characteristics of impulse voltage generator for testing of equipment using MATLAB Simulink, International Journal of Advances in Engineering
- [38]. Vivek Kumar Verma , (2014), Practical Simulation and Modelling of Lightning Impulse Voltage Generator using Marx Circuit , Bachelor of Technology in Electrical Engineering, Department of Electrical Engineering National Institute of Technology Rourkela-769008, Odisha.

- [39]. Quyen Huy Anh, Nguyen Manh Hung, Ta Van Minh, (2011), Advanced lightning current generators, *Tạp chí phát triển KH&CN*.
- [40]. Boris Žitnik, Maks Babuder, Michael Muhr, Mihael Žitnik and Rajeev Thottappillil, (2005), Numerical modelling of metal oxide varistors, *Proceedings of the XIVth International Symposium on High Voltage Engineering*.
- [41]. Miloš GLASA, The MOV computer models for thermal – electric analysis, *Journal of Electrical Engineering*.
- [42]. Saad Dau, GECOL, Tripoli, Libya, (2012), Modelling of metal oxide surge arresters as elements of overvoltage protection systems, *International Conference on Lightning Protection (ICLP), Vienna, Austria*.
- [43]. P.F. Evangelides, C.A. Christodoulou, I.F. Gonos, I.A. Stathopoulos, (2010), Parameters' selection for metal oxide surge arresters models using genetic algorithm, *International Conference on Lightning Protection - ICLP*.
- [44]. F. Fernández, R. Díaz, Metal-oxide surge arrester model for fast transient simulations.
- [45]. Wichet Thipprasert and Ekkachai Chaidee , (2016), Metal Oxide Surge Arresters Modelling in Temporary Overvoltage Conditions, *International Journal of Electronics and Electrical Engineering Vol. 4, No. 2, April 2016*.
- [46]. A. Bayadi1, N. Harid 2, K. Zehar 1, S. Belkhiat, (2003), Simulation of metal oxide surge arrester dynamic behavior under fast transients, *The international Conference on Power Systems Transients*.
- [47]. Dino Lovrić, Slavko Vujević, Tonći Modrić, (2011), Comparison of Different Metal Oxide Surge Arrester Models, *Int. J. Emerg. Sci.*, 1(4), 545-554, December 2011.
- [48]. T. Kisielewicz, F. Fiamingo, Z. Flisowski, B. Kuca G.B. Lo Piparo C. Mazzetti, (2012), Factors Influencing the Selection and Installation of Surge Protective devices for low voltage systems, *IEEE*.
- [49]. Krystian Leonard Chrzan, (2004), Influence of moisture and partial discharges on the degradation of high-voltage surge arresters, *European transactions on electrical power*.
- [50]. Denis Imširović, *B.SC.E.E.*, Installation of over voltage protection in LV systems.
- [51]. Viktor Milardic, Ivo Uglesic, Ivica Pavic, (2008), Selection of Surge Protective Devices for Low-Voltage Systems Connected to Overhead Line, TPWRD-00805-2008.
- [52]. Early Prediction of Surge Arrester, Failures by Dielectric Characterization, *F E A T U R E A R T I C L E, 2016, IEEE*.
- [53]. W. G. Carlson, Dr. T. K. Gupta, (1986), A procedure for estimating the lifetime of gapless metal oxide surge arresters for ac application, *Transactions on Power Systems*.
- [54]. G. R. S. Lira, D. Fernandes Jr., E. G. Costa, (2007), Computation of Energy Absorption and Residual Voltage in Metal Oxide Surge Arrester from Digital Models and Lab Tests: A Comparative Study, Presented at the *International Conference on Power Systems Transients*.
- [55]. IEC 62305-1, (2010), Protection against lightning – Part 1: General principles.
- [56]. TCVN 9888-3, (2010), Bảo vệ chống sét, Phần 3: Thiệt hại vật chất đến kết cấu và nguy hiểm tính mạng.

CÁC CÔNG TRÌNH ĐÃ CÔNG BỐ

1. Advanced Lightning Current Generators: Quyên Huy Anh, Nguyễn Mạnh Hùng, Lê Quang Trung, Tạ Văn Minh – tạp chí phát triển KH&CN 2011
2. Risk assessment of damage to telecommunication sites Due to lightning in typical areas in Vietnam, Anh Quyên Huy, Trung Lê Quang, Thạch Phan Chi - GTSD 2014
3. Compare Different Recent Methods and Propose Improved Method for Risk Assessment of Damages Due to Lightning: Quyên Huy Anh, Lê Quang Trung and Phan Chi Thạch - AETA 2015, đăng trên Springer International Publishing Switzerland
4. Risk Assessment of Damage to Telecommunication Sites due to Lightning in Typical Areas in Vietnam **by the Improved Method:** Lê Quang Trung, Quyên Huy Anh, Phan Chi Thạch - *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)* Vol.4 Issue 08, August, 2015
5. Factors Influencing the Selection and Installation of Surge Protector on Low-Voltage Power Line: Lê Quang Trung, Quyên Huy Anh, Phan Chi Thạch, Hoàng Thị Trang - *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, Vol.5 Issue 03, March, 2016
6. Risk Assessment of Damage to Television and Radio Station due to Lightning: Lê Quang Trung, Quyên Huy Anh, Phan Chi Thạch - *Journal of Science & Technology* technical University N0.114/2016
7. Building the surge generator model and the multilayer varistor model according to the international standard: Lê Quang Trung, Quyên Huy Anh, Đinh Thị Ngoan - *Journal of Technical Education Science* N0.41 (03/2017) HCMC University of Technology and Education
8. Surge Protector on the Power Lines, Considering the Influenced Factor: Lê Quang Trung, Quyên Huy Anh, Vũ Phan Tú - IEEE International Conference on System Science and Engineering ICSSE 20179.
9. Selection Guide for Low voltage Surge Protection: Quyên Huy Anh, Lê Quang Trung - *International Journal of Engineering Research & Technology* 10/2017