

**BỘ GIÁO DỤC
VÀ ĐÀO TẠO**

**VIỆN HÀN LÂM
KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ VN**

HỌC VIỆN KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ



Nguyễn Như Vinh

**NGHIÊN CỨU MỘT SỐ ĐẶC ĐIỂM
ĐIỆN TRƯỜNG MÂY DÔNG**

**LUẬN VĂN THẠC SĨ
VẬT LÝ LÝ THUYẾT VÀ VẬT LÝ TOÁN**

Hà Nội - 2022

**BỘ GIÁO DỤC
VÀ ĐÀO TẠO**

**VIỆN HÀN LÂM
KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ VN**

HỌC VIỆN KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ



Nguyễn Như Vinh

**NGHIÊN CỨU MỘT SỐ ĐẶC ĐIỂM
ĐIỆN TRƯỜNG MÂY DÔNG**

Chuyên ngành: Vật lý lý thuyết và vật lý toán
Mã số: 8440103

LUẬN VĂN THẠC SĨ NGÀNH VẬT LÝ

**NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC
TS. NGUYỄN XUÂN ANH**

Hà Nội - 2022

LỜI CAM ĐOAN

Tôi là Nguyễn Như Vinh, học viên khóa 2020B, ngành Vật lý, chuyên ngành Vật lý lý thuyết và vật lý toán. Tôi xin cam đoan đề tài nghiên cứu trong luận văn này là công trình nghiên cứu của tôi dựa trên những tài liệu, số liệu do chính tôi tự tìm hiểu và nghiên cứu. Chính vì vậy, các kết quả nghiên cứu đảm bảo trung thực và khách quan nhất. Đồng thời, kết quả này chưa từng xuất hiện trong bất cứ một nghiên cứu nào. Các số liệu, kết quả nêu trong luận văn là trung thực nếu sai tôi hoàn toàn chịu trách nhiệm.

Tác giả luận văn

Nguyễn Như Vinh

LỜI CẢM ƠN

Đầu tiên, tôi xin chân thành cảm ơn TS. Nguyễn Xuân Anh đã hướng dẫn tôi trong suốt quá trình làm luận văn. Nhờ sự chỉ bảo tận tình của thầy giúp cho tôi có kiến thức nghiên cứu những vấn đề được đề cập trong luận văn và giải quyết bài toán đưa ra một cách khoa học.

Tiếp theo, tôi xin trân trọng cảm ơn các thầy cô ở Học viện khoa học và công nghệ Việt Nam cũng như các thầy cô tại Viện Vật lý, Viện Hàn lâm khoa học và công nghệ Việt Nam đã giảng dạy tận tình, trang bị cho tôi những kiến thức.

Ngoài ra, tôi xin trân trọng cảm ơn Ban Lãnh đạo, phòng Đào tạo, các phòng chức năng của Học viện khoa học công nghệ Việt Nam đã tạo các điều kiện cho tôi được học tập và hoàn thành khóa luận một cách thuận lợi.

Tôi cũng xin gửi lời cảm ơn tới gia đình, bạn bè và đồng nghiệp đã luôn ủng hộ, động viên, tạo mọi điều kiện giúp tôi hoàn thành luận văn này.

Trong quá trình học tập và hoàn thành luận văn, tuy đã thực hiện và học tập với một tinh thần nghiêm túc nhưng chắc chắn sẽ không thể tránh khỏi những sai sót. Rất mong nhận được sự thông cảm và chỉ bảo tận tình đến từ thầy cô và các bạn.

Hà Nội, ngày tháng năm 2022

Tác giả

Nguyễn Như Vinh

MỤC LỤC

Danh mục các bảng	i
Danh mục các hình vẽ, đồ thị.....	ii
MỞ ĐẦU	1
Chương 1. TỔNG QUAN VỀ ĐIỆN DÔNG.....	4
1.1. LỊCH SỬ NGHIÊN CỨU	4
1.2. CƠ BẢN VỀ DÔNG	5
1.2.1. Quy mô của cơn dông.....	6
1.2.2. Nguyên nhân hình thành dông	8
1.2.3. Cấu trúc không gian	9
1.2.4. Điều kiện hình thành dông	9
1.2.5. Các giai đoạn phát triển của cơn dông	10
1.3. ĐIỆN TRƯỜNG GÂY RA BỞI TẦNG ĐIỆN LY	12
1.4. ĐIỆN TÍCH TRONG KHÔNG GIAN.....	15
1.5. PHÂN LỚP ĐIỆN CỰC	16
1.6. SỰ NHIỄM ĐIỆN TRONG CÁC Đám MÂY	17
1.7. BẢN CHẤT ĐIỆN TRONG MÂY DÔNG	18
1.7.1. Cấu trúc điện tích trong mây dông	18
1.7.2. Dòng điện trong mây dông	22
1.8. NGHIÊN CỨU CẢNH BÁO SÉT.....	23
Chương 2. PHƯƠNG PHÁP VÀ SỐ LIỆU NGHIÊN CỨU ĐẶC ĐIỂM ĐIỆN TRƯỜNG MÂY DÔNG	26
2.1. ĐỊNH LUẬT CU-LÔNG VÀ ĐIỆN TRƯỜNG.....	26
2.2. KỸ THUẬT ĐO LƯỜNG ĐIỆN TRƯỜNG TRÊN MẶT ĐẤT	29
2.3. CÁC SỐ LIỆU ĐẦU VÀO	32
Chương 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN	36
3.1. PHƯƠNG PHÁP TÍNH TOÁN VỊ TRÍ Đám MÂY ĐIỆN TÍCH ...	36

3.2. KẾT QUẢ TÍNH TOÁN VỊ TRÍ ĐÁM MÂY ĐIỆN TÍCH	38
3.3. KẾT QUẢ TỔNG LƯỢNG ĐIỆN TÍCH VÀ ĐIỆN TRƯỜNG.....	41
3.3.1. Tổng lượng điện tích	41
3.3.2. Điện trường mô phỏng	42
KẾT LUẬN	45
DANH MỤC TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	46

Danh mục các bảng

Bảng 3.1. Tọa độ các vị trí.....	37
Bảng 3.2. Chỉ số trùng lặp vị trí đám mây điện tích trong vùng đám mây gây mưa.....	40
Bảng 3.3. Hệ số tương quan giữa giá trị điện trường tính toán và giá trị điện trường đo được thực tế:.....	44

Danh mục các hình vẽ, đồ thị

Hình 1.1. Đông hệ thống hình thành khi hai khối không khí nóng lạnh giao tranh [12]	7
Hình 1.2. Đông đơn lẻ hình thành trong một khối khí [12]	8
Hình 1.3. Các giai đoạn phát triển của cơn dông, hình thành, phát triển và tan rã	12
Hình 1.4. Cấu trúc điện trường trong thời tiết đẹp	14
Hình 1.5. Điện trường theo thời gian trong ngày thời tiết tốt	15
Hình 1.6. Giá trị điện trường theo khoảng cách đến lưỡng cực	19
Hình 1.7. Cấu trúc điện tích của cơn dông [4]	20
Hình 1.8. Cấu trúc điện trường trong mây dông Krehbiel (1986) [25]	21
Hình 1.9. Cường độ điện trường trong cơn dông	24
Hình 2.1. Hai điện tích điểm q_1 và q_2 đặt cách nhau một đoạn r	26
Hình 2.2. Điện tích ảnh	28
Hình 2.3. Bộ khuếch đại điện tích	29
Hình 2.4. Bộ phận cơ khí của cảm biến điện trường	30
Hình 2.5. Hình ảnh thực tế của thiết bị EFM100	30
Hình 2.6. Radar băng X tại Học viện Nông nghiệp Việt Nam	31
Hình 2.7. Hình ảnh cơn dông từ Radar	32
Hình 2.8. Điện trường được đo tại Phú Thụy	33
Hình 2.9. Điện trường được đo tại Phú Xuyên	34
Hình 2.10. Điện trường được đo tại Chương Mỹ	35
Hình 3.1. Đám mây điện tích và đám mây radar giai đoạn giữa cơn dông	38
Hình 3.2. Đám mây điện tích và đám mây radar giai đoạn đầu hình thành cơn dông	39
Hình 3.3. Đám mây điện tích và đám mây radar giai đoạn kết thúc cơn dông	40

Hình 3.4. Tổng điện tích đám mây theo thời gian theo mô hình lưỡng cực ...	41
Hình 3.5. Tổng điện tích đám mây theo thời gian theo mô hình lưỡng cực ...	42
Hình 3.6. Điện trường tính toán tại Phú Thụy	43
Hình 3.7. Điện trường tính toán tại Phú Xuyên	43
Hình 3.8. Điện trường tính toán tại Chương Mỹ	44

MỞ ĐẦU

Việt Nam nằm ở tâm đông châu Á với hoạt động dông sét mạnh gây ảnh hưởng trực tiếp lên kinh tế xã hội. Hàng năm, theo những thống kê chưa đầy đủ thiệt hại lên tới nhiều tỷ đồng cho các ngành điện lực, công nghiệp, bưu chính viễn thông, hàng không, quân đội, dầu khí... Ngoài thiệt hại kinh tế, sét còn gây chết người gây tâm lý hoang mang ở một số địa phương như xã Cổ Dũng (Hải Dương), huyện Đông Anh (Hà Nội), Đồng bằng sông Cửu Long.

Trong những năm gần đây, việc sử dụng nhiều các thiết bị điện tử, viễn thông nhạy cảm với sét đã dẫn đến thiệt hại do sét tăng lên đáng kể. Không hiếm trường hợp không phải là sét đánh thẳng mà chỉ do tác động điện từ của những tia sét đánh gần gây thiệt hại về người và những biến đổi nguy hiểm về tình trạng môi trường. Việc nghiên cứu dông sét và dự báo sét vì vậy không chỉ mang tính khoa học mà còn ý nghĩa thực tiễn cao.

Để xác định cấu trúc điện trong mây dông, có thể sử dụng nhiều phương pháp quan trắc như vệ tinh, radar, định vị sét, thiết bị khí tượng [1-4]. Các quan trắc trực tiếp điện từ trường, định vị sét được thực hiện, trên cơ sở đó tính toán vị trí và độ lớn của điện tích trong mây dông (Jacobson và Krider, 1976; Krehbiel, 1979; Krider, 1989; Koshak và Krider, 1989; Qie, 2000; Ravichandran, 2004; Qie, 2009, Shao and Krehbiel, 1996) [5-11]. Khảo sát thực nghiệm cho thấy, thông thường mây dông có kết cấu như sau: vùng điện tích âm chính nằm ở khu vực độ cao 6 km, vùng điện tích dương ở phần trên đám mây ở độ cao 8-12 km và một khối điện tích dương nhỏ phía dưới chân mây. Sau khi tích điện đủ lớn, sét sẽ xảy ra và các khối điện tích được trung hòa. Thông thường phóng điện sẽ xảy ra trong mây trước, sau đó diễn ra quá trình phóng điện xuống đất.

Ở Việt Nam các nghiên cứu được triển khai dựa trên số liệu đa nguồn xác định hoạt động dông sét với các thông số là mật độ sét và bước đầu dự báo sét (Nguyễn Xuân Anh, 2007, 2008, 2010) [12-14]. Các nghiên cứu thực nghiệm được thực hiện tại Hà Nội, Quảng Nam và Vũng Tàu. Trong thời gian qua, với các nguồn số liệu nhiều hơn từ mặt đất và vệ tinh, chất lượng số liệu nhiều hơn cho phép thực hiện các nghiên cứu sâu hơn về môi trường điện trong mây dông và điện từ trường do sét gây nên. Trên cơ sở này, các bài toán dự báo hoạt động dông sét sẽ được chính xác hơn.

Sự phân chia điện tích trong mây dông gây bởi chuyển động thẳng đứng trong đám mây. Sự phân bố điện tích trong đám mây khá phức tạp. Luận văn này sẽ tập trung nhìn nghiên cứu về các đặc điểm cấu trúc điện trong các đám mây dông biến thiên trong không gian và thời gian. Việc nghiên cứu phân tích cấu trúc điện trong mây dông có ý nghĩa quan trọng trong việc dự báo hoạt động dông sét.

Với lý do trên trong khuôn khổ luận văn thạc sĩ, mục tiêu của luận văn đặt ra như sau:

- Tính toán và mô phỏng được các đặc điểm chính về điện trường của mây dông.

- Ứng dụng thử nghiệm và đánh giá cho một số cơn dông ở Hà Nội.

Đối tượng và phạm vi nghiên cứu:

- Đối tượng nghiên cứu của luận án là điện trường của mây dông và sóng điện từ của sét, sự biến thiên của chúng trong không gian và thời gian.

- Phạm vi nghiên cứu trong một số cơn dông sét thuộc khu vực Hà Nội

Nội dung nghiên cứu bao gồm:

- Nghiên cứu lý thuyết, tổng quan về môi trường điện trường trong cơn dông và sóng điện từ sét.

- Thực hiện tính toán, mô phỏng điện từ trường trong cơn dông với các nguồn số liệu có cấu hình khác nhau.

- Thử nghiệm so sánh với số liệu thực tế và đánh giá cho một số cơn dông cụ thể.

Phương pháp nghiên cứu:

- Sử dụng định luật Cu-lông nghiên cứu mô phỏng cấu trúc điện trường trong mây dông.

- Sử dụng phương pháp đại số và hình học, phương pháp điện động lực học cổ điển.

- Sử dụng các số liệu khác (radar, khí tượng mặt đất, ảnh vệ tinh) để phân tích đánh giá kết quả mô phỏng.

Dự kiến kết quả đạt được:

- Các kết quả thu được là tính toán và mô phỏng đặc điểm của điện trường mây dông, các giá trị cường độ điện trường trên mặt đất, giá trị sóng điện từ xung sét.

- Các kết luận đánh giá kết quả tính toán khi áp dụng thử nghiệm trên thực tế.

Cấu trúc của luận văn gồm phần mở đầu, chương 1 tổng quan, chương 2 phương pháp và số liệu, chương 3 trình bày về các kết quả và thảo luận, sau đó là kết luận và tài liệu tham khảo.

Chương 1. TỔNG QUAN VỀ ĐIỆN DÔNG

1.1. LỊCH SỬ NGHIÊN CỨU

Trước khi điện được phát hiện vào đầu những năm 1700, con người không biết rằng khí quyển của trái đất chứa đầy các điện tích, trong cơn dông chứa đầy điện tích và sét là một dạng điện. Một số nền văn minh cổ đại cho rằng sấm sét là do các vị thần tạo ra: Sấm sét được đánh ra từ chiếc búa của Thor trong thần thoại Bắc Âu, bị thần Zeus ném xuống trong thần thoại Hy Lạp và được cai quản bởi một tập hợp các vị thần trong thần thoại Trung Quốc. Khi con người bắt đầu nghiên cứu triết học tự nhiên, con người đã cố gắng giải thích một cách hợp lý, nhà triết học Aristotle cho rằng mây dông gây sấm và chớp là do tương tác của luồng khí ẩm và khô: Khi các đám mây ngưng tụ và lạnh đi, luồng khí khô bị đẩy ra ngoài một cách mạnh mẽ và đập vào các đám mây khác. Sấm là âm thanh của những đám mây bị đánh, và sét là một cơn gió cháy được tạo ra do tác động của quá trình không khí khô thổi trên các đám mây. Vào những năm 1600, Descartes cho rằng sấm sét là do sự cộng hưởng của không khí giữa các đám mây khi một đám mây va chạm với một đám mây khác.

Khi các đặc tính điện của vật chất lần đầu tiên được khám phá, một số nhà khoa học nhận thấy rằng âm thanh và sự xuất hiện tia lửa giống như sấm và ánh sáng. Theo đó, các nhà khoa học cho rằng cơn dông bằng cách nào đó đã tạo ra điện. Benjamin Franklin đã thiết kế các thí nghiệm để kiểm tra giả thuyết này, Franklin đã gợi ý trong một bài báo rằng điện có thể được tạo ra từ một đám mây bằng một cột kim loại cao. Nếu cực được cách điện với mặt đất và một người quan sát đưa một dây nối đất đến gần cột, thì một tia lửa sẽ xuất hiện từ thanh kim loại sang dây khi có một đám mây nhiễm điện ở trên đầu. Sau khi các bài báo của Franklin được viết và xuất bản vào năm 1751, hoàng gia Pháp đã bị thu hút và thử nghiệm một số thí nghiệm ông đã mô tả. D'Alibard đã xây dựng lại thí nghiệm trên xem các đám mây có bị nhiễm điện hay không, vào ngày 10/5/1752, ông đã quan sát thấy tia lửa bắn ra từ cột điện khi có một cơn mây dông gần đó. Các nhà khoa học khác tiếp tục các thí nghiệm này với các cột kim loại cách nhiệt, điều và bóng bay. Một năm sau thí nghiệm của D'Alibard, Richman một nhà khoa học ở Nga bị chết bởi sét đánh vào cột điện mà anh ta đang quan sát. Vào tháng 9 năm 1752, Franklin

đã dựng một cột thu lôi dài 3 m phía trên ngôi nhà của mình, chạy dây nối đất qua giếng, dây nối đất cách cột thu lôi 15 cm, đặt một quả cầu kim loại treo lơ lửng ở giữa giếng con lắc đơn, quả cầu sẽ lắc lư qua lại và đập vào vào hai đầu nối khi một đám mây nhiễm điện bay qua đầu. Bằng cách so sánh điện tích trên dây dẫn từ cột thu lôi với một điện tích dương đã biết, Franklin xác định rằng đáy của đám mây dông thường là âm. Cũng vào năm 1752, nhà khoa học người Pháp Lemonnier đã phát hiện ra hiện tượng nhiễm điện yếu trong khí quyển khi không có mây và xác định cường độ điện thời tiết tốt thay đổi từ đêm sang ngày. Cực của điện tích trong khí quyển là dương trong thời tiết đẹp và nó đảo ngược thành cực âm khi có cơn dông xuất hiện, phù hợp với quan sát của Franklin [15].

Có rất ít tiến bộ trong việc tìm hiểu về những hiện tượng này trong suốt 100 năm tiếp theo, mặc dù đã có những tiến bộ đáng kể trong hiểu biết của con người về điện trường và từ trường. Những khám phá mới về đặc tính điện trong mây dông và điện khí hóa trong thời tiết phải chờ đợi sự phát triển của các thiết bị điện tử để thực hiện các phép đo. Sự phát triển thiết bị đo phải đáp ứng được các tiêu chí khó khăn do hiện tượng dông sét gây ra bao gồm các vấn đề khó tiếp cận các khu vực quan sát, môi trường quan sát làm hỏng các thiết bị tại chỗ, không thể lấy mẫu gần tia sét...

1.2. CƠ BẢN VỀ DÔNG

Dông (hay dông sét) là hiện tượng thời tiết kèm theo sét xảy ra. Cơn dông được hình thành khi có khối không khí nóng ẩm chuyển động thẳng. Cơn dông có thể kéo dài từ 30 phút đến 12 tiếng và có thể trải rộng từ vài chục đến hàng trăm kilomet. Sét là hiện tượng phóng điện trong khí quyển xảy ra trong cơn dông. Chúng có thể xảy ra trong một đám mây giữa các vùng điện tích trái dấu, xảy ra giữa các đám mây với nhau hoặc giữa mây với đất.

Vào một thời điểm bất kỳ trên Trái đất có khoảng 2000 cơn dông đang hoạt động. Có những nơi rất mạnh như một số khu vực ở Châu Phi có tới 200 ngày dông. Về cơ bản những nơi càng nóng, càng ẩm thì càng nhiều dông sét. Thêm vào đó nhiệt độ không khí phải giảm theo độ cao theo cách để cho không khí nóng có thể bốc lên cao.

Theo thống kê ước tính trên Trái Đất của chúng ta cứ mỗi giây có

chùng 30-100 cú sét đánh (trong mây và xuống đất). Một ngày có khoảng 9 triệu cú sét đánh trên thế giới. Một năm trung bình có khoảng 3 tỷ cú sét đánh. Ở khu vực nhiệt đới, chỉ có khoảng 10-20% đánh xuống đất, phần còn lại là sét trong mây. Khu vực ôn đới có khoảng 50% sét đánh xuống đất so với tổng số sét. Một cơn dông bình thường kéo dài 4 tiếng có thể có 10 000 cú phóng điện trong đó có 1000-2000 phóng điện xuống đất.

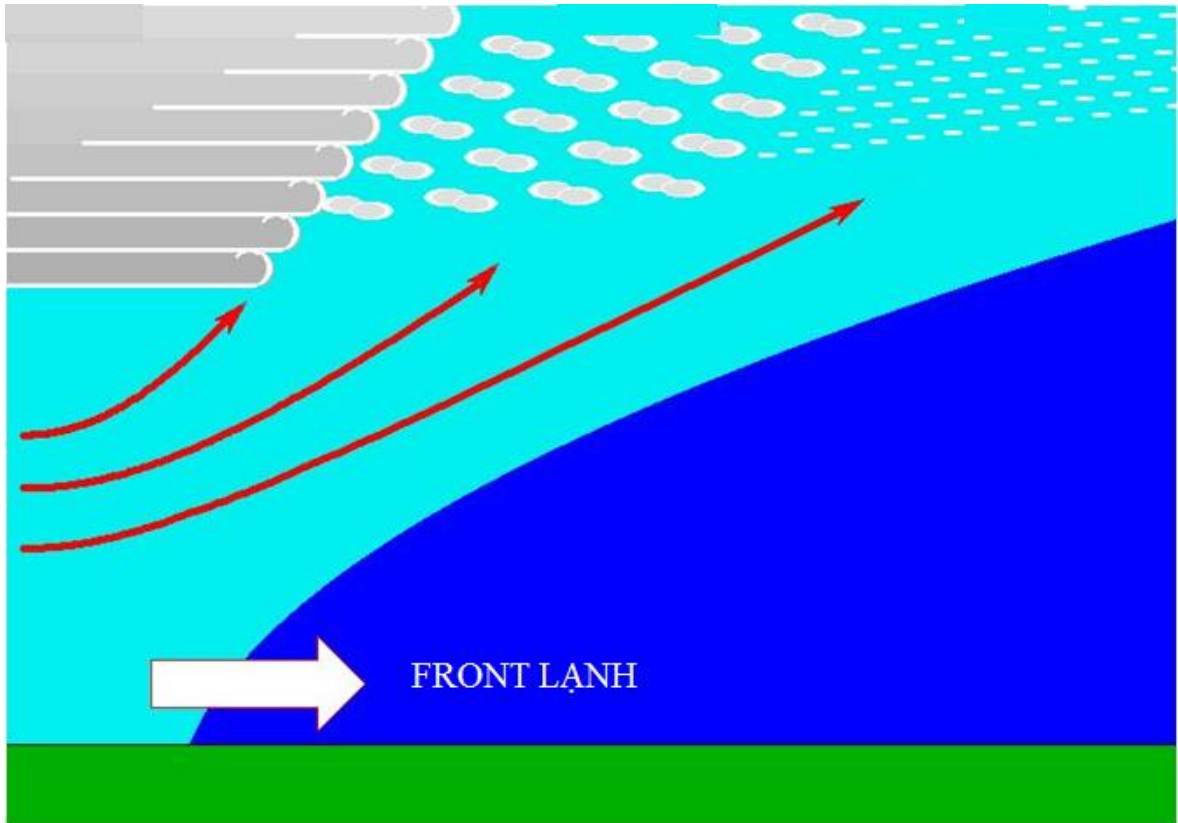
Ngoài tác dụng tạo ra phân nitrogen có lợi cho cây trồng, sét là hiểm họa gây thiệt hại về người và tài sản. Hàng năm trên thế giới theo thống kê có khoảng 5000 người bị sét đánh. Từ khoảng hơn 50 năm trở lại đây, tại các nước phát triển ở châu Âu và châu Mỹ, do nhu cầu ứng dụng thực tế, việc nghiên cứu dông sét được phát triển mạnh mẽ. Người ta đã tiến hành thu thập số liệu về dông sét trong nhiều năm nhằm phân vùng hoạt động dông, đánh giá mật độ sét, cũng như các thông số của chúng và từ đó đề xuất các biện pháp chống sét, cụ thể như cho các đường dây tải điện, các công trình công nghiệp quan trọng, các sân bay, kho xăng, bến cảng, bãi phóng tên lửa và tàu vũ trụ,...

1.2.1. Quy mô của cơn dông

Người ta thường phân loại dông theo những cách khác nhau, một trong những cách đó là phân loại theo quy mô. Theo cách này, người ta phân biệt hai loại dông chính: dông hệ thống và dông không hệ thống.

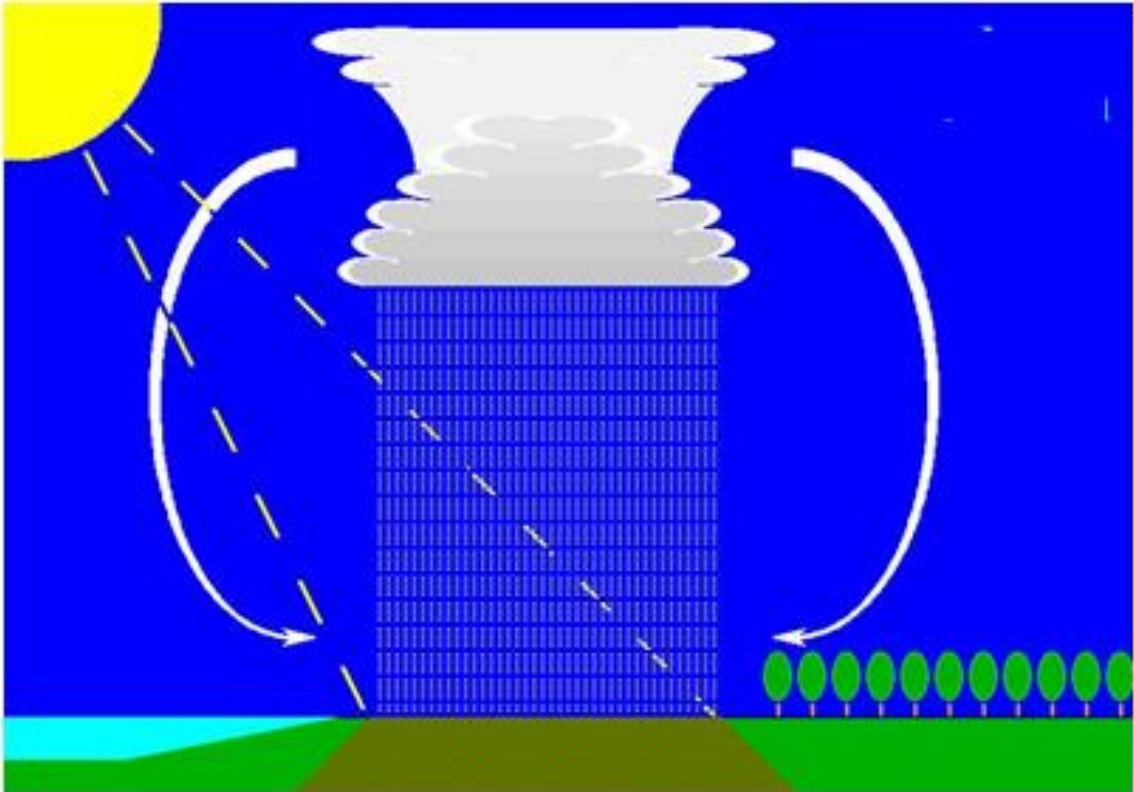
1. Dông hệ thống là dông xuất hiện với số lượng lớn những cơn dông xảy ra trên một diện rộng và có thể phân tán hay tập trung nhưng điều cơ bản là chúng gắn liền với một hệ thống thời tiết hay một cơ cấu hoàn lưu bất ổn định có quy mô hàng trăm kilomet. Chẳng hạn:

- Các khối hoặc các đám mây dông tách biệt xuất hiện rải rác trên một vùng rộng lớn ở khu vực front, trong vùng xoáy thuận, ở khu vực trước rãnh lạnh trên cao, dọc theo rãnh gió mùa hay dải hội tụ nhiệt đới;
- Các khối mây dông liên kết với nhau thành dải mây dông đồ sộ, kéo dài hàng trăm kilomet được gọi là các “đường tổ” và thường xuất hiện trước các front lạnh mạnh, đi trước các cơn bão lớn hoặc đi cùng với các đường bất liên tục của gió (đường đứt);



Hình 1.1. Đông hệ thống hình thành khi hai khối không khí nóng lạnh giao tranh [12]

2. Đông không hệ thống thường xuất hiện với số lượng ít (một khối mây đông hoặc một tháp mây đông) không liên quan với các hệ thống thời tiết hay các cơ cấu hoàn lưu bất ổn định quy mô synop như đã nói ở trên. Chúng thường xuất hiện bên trong một khối không khí và thời gian hoạt động của chúng thường không kéo dài.



Hình 1.2. Đông đơn lẻ hình thành trong một khối khí [12]

1.2.2. Nguyên nhân hình thành đông

Căn cứ vào nguyên nhân chủ yếu dẫn đến sự hình thành và phát triển dòng thăng để tạo thành mây đông, đông được phân thành hai loại là đông động lực và đông nhiệt lực (đông nhiệt).

- Đông động lực hình thành nhờ dòng thăng phát sinh chủ yếu do các nguyên nhân động lực như: sự hội tụ khối lượng của các lớp không khí tầng thấp kết hợp với sự phân kỳ trên cao, hoặc sự trượt lên trên của các khối không khí bên trên các mặt nằm nghiêng như các nêm địa hình hoặc các nêm không khí lạnh;
- Đông nhiệt lực (gọi tắt là đông nhiệt) hình thành nhờ dòng thăng phát sinh chủ yếu do các nguyên nhân nhiệt lực như khi một vùng rộng lớn của mặt đệm trở nên nóng hơn đáng kể so với các vùng xung quanh (thường do điều kiện hoặc khả năng hấp thụ năng lượng bức xạ mặt trời không giống nhau) hoặc khi tầng kết nhiệt ẩm của không khí tầng thấp trở nên bất ổn định mạnh (thường do bình lưu) hoặc do cả hai. Đông nhiệt vì vậy mà thường xảy ra ở bên trong một khối không khí.

- Trong thực tế cũng khó có thể tách bạch ra những cơn dông mà nguyên nhân hình thành dòng thăng của chúng chỉ là do một điều kiện: đơn thuần động lực hay nhiệt lực. Người ta thường phải xét xem điều kiện nào (động lực hay nhiệt lực) đóng vai trò chủ yếu để phân loại các cơn dông.

1.2.3. Cấu trúc không gian

Người ta cũng có thể phân loại dông theo đặc điểm cấu trúc của cơn dông:

- *Ô dông thường (ordinary cell)*: hình thành trong môi trường có độ đứt thẳng đứng nhỏ (hiệu tốc độ gió mực 500 mb và mặt đất nhỏ hơn 15 m/s). Loại ô này có kích thước ngang 5-10 km, giai đoạn thành thực chỉ kéo dài trong 15-30 phút do không được cung cấp đủ ẩm và có thể gây thời tiết mưa to, gió giật trong thời gian ngắn.
- *Siêu ô (super cell)*: có chiều ngang 10-40 km hình thành trong môi trường có độ đứt thẳng đứng của gió lớn hơn 15 m/s, đặc biệt ở 3 km dưới cùng và có CAPE lớn hơn 1500 J/kg. Thời gian thành thực của siêu ô kéo dài vài giờ do độ đứt thẳng đứng của gió lớn duy trì trong dòng xoáy hướng xoáy thuận ổn định mạnh, trong một lớp không khí dày. bảo đảm dòng không khí nóng ẩm đi vào mây từ lớp biên. Hầu hết siêu ô đều gây nên thời tiết đặc biệt.
- *Đa ô (multiple cell) của dông mạnh*: là nhóm mây có sắp xếp gồm 2-6 ô dông thường. Mức độ sắp xếp của loại dông này tạo điều kiện cho dông tồn tại trong thời gian dài và khả năng lớn gây dông mạnh. Điều đó dẫn tới sự hình thành môi trường với độ đứt gió trung bình. Môi trường đó đảm bảo dòng đi vào dông ở mực dưới khá mạnh và tạo front hội tụ gió giật, thường ở phía trái dòng theo hướng di chuyển, dẫn tới sự phát triển ô mới ở đó.

1.2.4. Điều kiện hình thành dông

Mọi cơn dông cần có ba điều kiện để hình thành:

- Điều kiện cần thiết đầu tiên là hơi ẩm ở lớp thấp và giữa của khí quyển. Khi không khí đi lên trong các dòng thăng, hơi nước ngưng tụ thành các hạt nước nhỏ tạo thành mây. Khi hơi nước ngưng tụ, nhiệt được giải

phóng vào không khí làm nó nóng lên và trở nên nhẹ hơn không khí xung quanh. Lượng nhiệt thêm vào này giúp cho không khí trong dòng thăng tiếp tục đi lên.

- Điều kiện cần thiết thứ hai là sự bất ổn định. Nếu khối không khí không ổn định, không khí được nâng bởi một lực nào đó sẽ tiếp tục được nâng lên. Khối không khí không ổn định thường chứa không khí nóng (thường là ẩm) ở gần mặt đất và không khí lạnh hơn (thường là khô) ở lớp giữa và trên. Khi không khí lớp thấp đi lên trong các dòng thăng, nó nhẹ hơn không khí xung quanh nên tiếp tục đi lên. Quá trình này thường được tiếp thêm lượng nhiệt tạo bởi ngưng tụ đã nhắc đến ở trên. Không khí sẽ tiếp tục chuyển động lên đến khi nó trở lên lạnh hơn và nặng hơn không khí xung quanh.

- Điều kiện cần thứ ba là nguồn lực nâng. Lực nâng là cơ chế cho việc khởi đầu dòng thăng trong khối không khí ẩm bất ổn định. Nguồn nâng có thể ở một số dạng. Nguồn thông thường nhất được gọi là nhiệt chênh lệch. Khi mặt trời đốt nóng mặt đất, một số chỗ trên bề mặt (và không khí sát đất) sẽ nóng hơn những khu vực xung quanh. Những túi nóng này nhẹ hơn không khí xung quanh và sẽ đi lên. Nếu không khí đủ độ ẩm và độ bất ổn định, dông có thể được hình thành. Nguồn nâng có thể là cơ học về mặt bản chất. Không khí ẩm chuyển động đi lên trên sườn núi có thể đạt đến điểm mà khi đó nó nhẹ hơn xung quanh và như vậy dông có thể hình thành. Đây là hiện tượng thường thấy ở các sườn dông núi đá vào mùa hè. Front nóng, lạnh, vùng ranh giới dòng chảy, đường khô và gió biển có thể là nguồn phát sinh nâng không khí ẩm ở lớp dưới lên đến điểm mà không khí lớp thấp nóng và nhẹ hơn xung quanh và cơn dông vào thời điểm đó sẽ hình thành.

1.2.5. Các giai đoạn phát triển của cơn dông

Ta có thể phân biệt ba giai đoạn trong quá trình diễn biến của cơn dông:

a) *Trước hết là giai đoạn mây tích.* Đó là giai đoạn bắt đầu hình thành mây đối lưu trên độ cao ngưng kết. Lực đẩy thẳng đứng của dòng thăng được tiềm nhiệt ngưng kết toả ra ngày càng mạnh thêm. Một phần nhiệt năng mất đi trong quá trình trộn lẫn với không khí xung quanh. Tùy theo độ dày của lớp không khí nóng ẩm bất ổn định bên dưới, dòng thăng có thể phát triển cao hay

thấp và mây có thể phát triển cao hay thấp và mây có thể phát triển theo chiều cao tới đâu. Thông thường đám mây có nhiệt độ lớn hơn nhiệt độ không khí xung quanh ở cùng độ cao. Độ chênh lệch độ lớn nhất ở gần mây nơi có dòng thăng mạnh nhất và thường xuất hiện ở cuối giai đoạn này. Trong giai đoạn này chưa xảy ra giáng thủy. Tuy nhiên trong mây đã có thể xảy ra những quá trình chuyển thể của nước và vận động của nước trong dòng thăng hay dòng giáng mới hình thành.

Trong trường hợp lớp không khí nóng ẩm gần mặt đất không đủ dày và động lực dòng thăng hạn chế, quá trình phát triển sẽ ngừng lại trong giai đoạn này và không hình thành mây dông.

b) Tiếp theo là giai đoạn chính trong cơn dông. Thoạt đầu ta quan sát thấy giáng thủy bắt đầu. Đó là lúc dòng thăng bắt đầu yếu đi, những hạt nước trong mây trước đây được giữ bởi dòng thăng không còn ở vị trí cân bằng nữa và rơi xuống thành mưa, cuốn theo không khí và hình thành một dòng giáng rõ rệt, bắt đầu ở vùng chân mây và dần dần phát triển lên cao. Trong thời gian này, dòng thăng vẫn tiếp tục phát triển, mạnh nhất trong phần đỉnh mây ở độ cao khoảng 10 km có tốc độ khoảng 30 m/s. Dòng khí giáng này khi xuống tới mặt đất toả ra làm cho không khí mát lạnh.

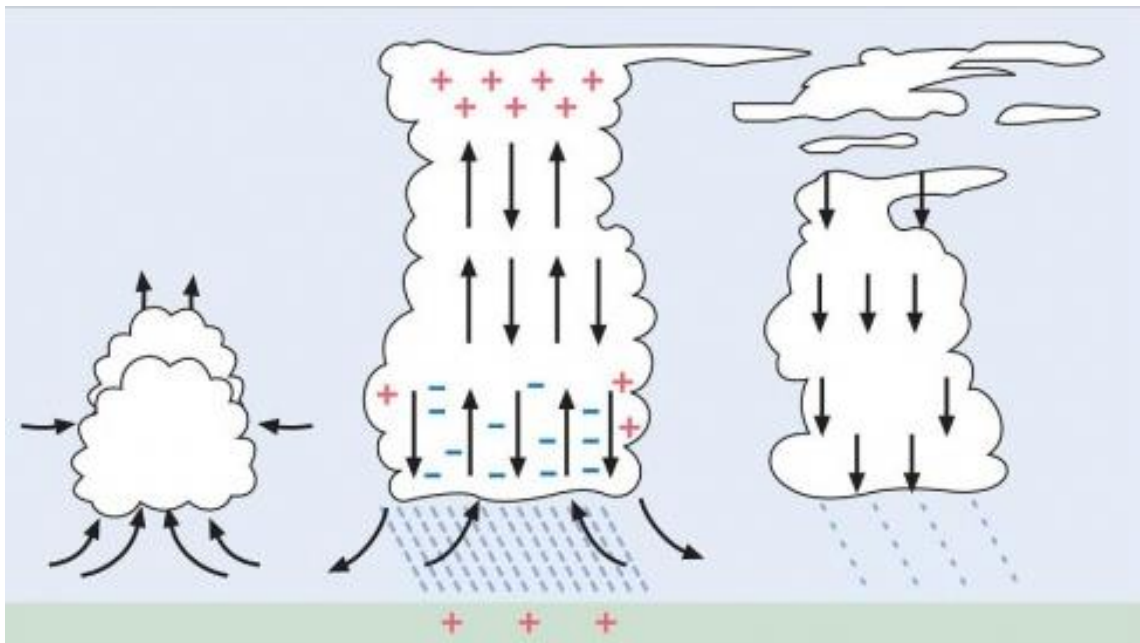
Nhiệt độ không khí dòng thăng nóng hơn xung quanh, nếu không có quá trình xáo trộn sẽ biến đổi đoạn nhiệt. Tuy nhiên trong mây cũng xảy ra các quá trình ngưng kết, đông đặc hay thăng hoa... cung cấp nhiệt cho không khí, mặt khác quá trình xáo trộn không khí xung quanh vào khối khí dòng thăng và kéo theo nhiều khi đóng vai trò khá quan trọng thậm chí trong dòng thăng, khối khí trộn lẫn và kéo theo chiếm tới 50%. Do ảnh hưởng của các quá trình này đường đoạn nhiệt ẩm thực tế của dòng thăng khác với đường đoạn nhiệt ẩm lý thuyết.

Trong dòng giáng, không khí bị nén lại, xuất hiện các quá trình bốc hơi,... nghĩa là các quá trình ngược lại với trường hợp dòng thăng. Trong lớp khí gần mặt đất, như trên đã nói dòng giáng phân tán theo chiều ngang giống như một khối đoàn lạnh nhỏ di chuyển trên mặt đất. Trong giai đoạn này, các đại lượng đặc trưng hoạt động của cơn dông đạt trị số cực đại, chẳng hạn cường độ giáng thủy, gió giật trên mặt đất, mưa đá nếu có sẽ xuất hiện trong giai đoạn này. Các dòng thăng trong mây dông đưa các hạt nước ở trạng thái

khác nhau lên độ cao có khi tới 20 km. Do tốc độ dòng thăng khá mạnh tới 30m/s nhiều hạt nước được đưa lên cao trong trạng thái chậm đông.

c) *Cuối cùng là giai đoạn tan cơn dông.* Sau thời gian hoạt động mạnh, các dòng thăng trong mây ngừng lại dần và các dòng giáng phát triển rộng choán cả diện tích hoạt động của cơn dông. Các đám mây tan dần đôi khi còn lại một phần dưới dạng mây tầng. Dòng giáng cũng ngừng lại dần, trên mặt đất, nhiệt độ dần tăng lên trở lại bình thường và gió dịu đi.

Thông thường như trên đã nói, cơn dông bao gồm một số khối khí đối lưu hoạt động. Trong khi phát triển mây dông vẫn di chuyển theo chiều ngang, dòng đối lưu vận chuyển với tốc độ từ 5 đến 15 km/giờ, nhưng dông tronton lạnh di chuyển với tốc độ lớn hơn nhiều tới 150 km/giờ.



Hình 1.3. Các giai đoạn phát triển của cơn dông, hình thành, phát triển và tan rã

1.3. ĐIỆN TRƯỜNG GÂY RA BỞI TÀNG ĐIỆN LY

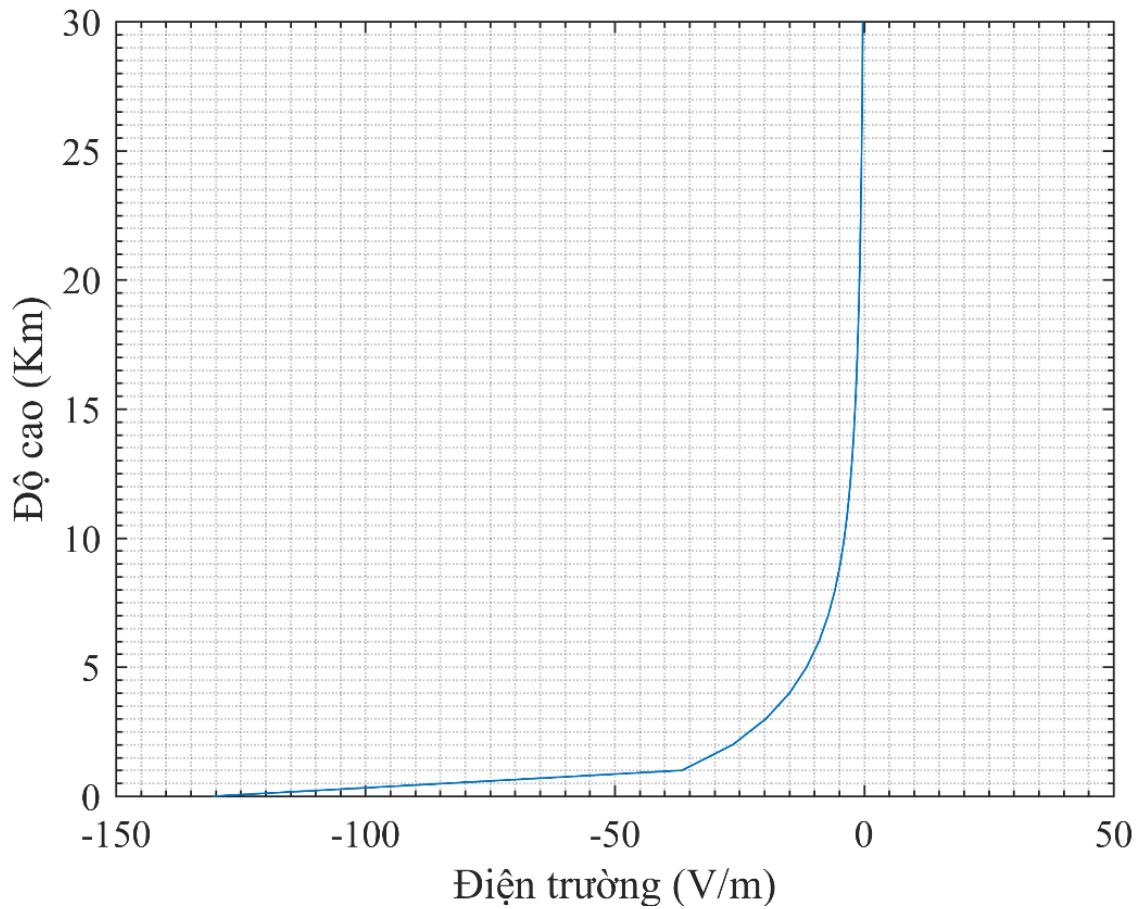
Tầng điện ly rất quan trọng đối với điện trường trong tầng đối lưu (phần khí quyển thấp nhất của Trái đất). Tầng điện ly là vùng ở tầng trên của bầu khí quyển nơi có đủ các điện tử và ion để làm cho tầng điện ly trở thành chất dẫn điện. Các hạt điện tích được tạo ra khi bức xạ mặt trời ở bước sóng ngắn hơn 102.7 nm bị hấp thụ bởi các phân tử và nguyên tử trong khí quyển. Năng lượng từ bức xạ cực tím này được truyền cho một electron trong phân tử

để trở thành electron tự do, còn lại phân tử mang điện tích dương. Quá trình này được gọi là quá trình quang hóa. Về cơ bản, hầu hết bức xạ mặt trời ở tần số cực tím đều bị hấp thụ trong tầng điện ly. Bên dưới tầng điện ly, khí quyển dẫn điện kém. Sự ion hóa của tầng điện ly thay đổi đáng kể theo thời gian trong ngày, độ cao, vĩ độ, sự hội tụ hay phân kỳ của gió trên cao, sự thay đổi tia bức xạ cực tím cực đại của mặt trời và các hiệu ứng cục bộ khác.

Trong điều kiện thời tiết thuận lợi (coi thời tiết tốt là không khí trong những đám mây không đủ nhiễm điện để đảo ngược dấu của điện trường trên mặt đất) cấu trúc điện của khí quyển từ đối lưu đến bình lưu ở trạng thái cân bằng gần như tĩnh (điện tích chuyển động vào một vùng bằng điện tích rời khỏi vùng đó). Trong trạng thái cân bằng gần như tĩnh, phân bố điện tích theo phương thẳng đứng về cơ bản giống nhau tại các thời điểm khác nhau, và các định luật tĩnh điện được áp dụng. Cấu trúc điện tổng thể của khí quyển bên dưới tầng điện ly thường được mô tả như một tụ điện hình cầu chứa đầy điện môi dẫn điện nhẹ - khí quyển. Coulomb (1795) đã phát hiện ra rằng không khí có tính dẫn điện, nhưng ý tưởng này không được chấp nhận cho đến tận say này [16]. Vỏ bên ngoài của tụ điện là vùng tầng điện ly, vỏ bên trong là bề mặt trái đất cũng có tính dẫn điện cao hơn so với tầng khí quyển thấp. Tụ điện trong mô tả này được tích điện với điện tích khoảng -5×10^5 C trên bề mặt trái đất, và tích điện dương trong khí quyển. Trong điều kiện thời tiết thuận lợi, điện trường tại mặt đất ở địa hình không đồi núi là khoảng -100 V/m, độ lớn của điện trường giảm dần theo độ cao. Gish (1944) chỉ ra mối quan hệ với chiều cao là [17]:

$$E(z) = -\left[81.8e^{-4.52z} + 38.6e^{-0.375z} + 10.27e^{-0.121z} \right] \quad (1.1)$$

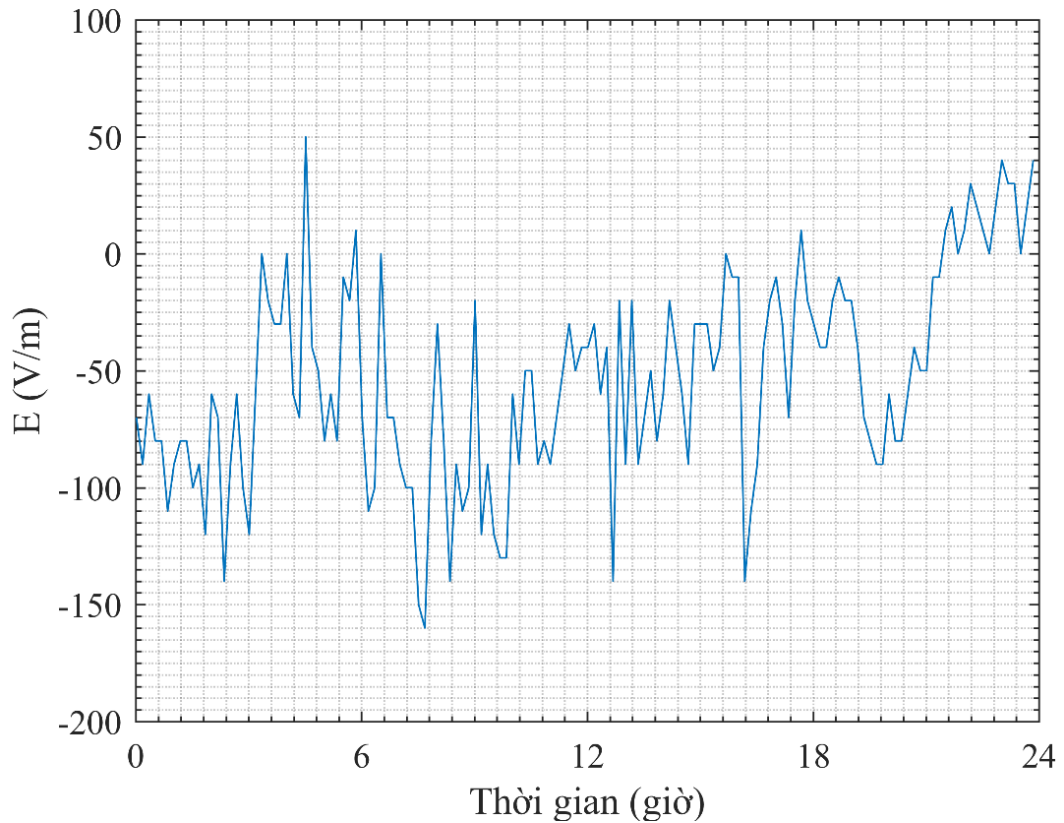
Trong đó E là điện trường đơn vị V/m, z là độ cao tính theo kilomet.



Hình 1.4. Cấu trúc điện trường trong thời tiết đẹp

Biểu đồ mối quan hệ điện trường và độ cao đến 30 km được thể hiện trong Hình 1.4. Sau Gish, các dạng khác cũng được đề xuất cho điện trường trong thời tiết đẹp nhưng các cấu hình gần giống nhau.

Các biến đổi theo ngày và theo mùa của các đặc tính điện của tầng đối lưu lần đầu tiên được xác định rõ ràng bằng phép đo điện trường trên tàu nghiên cứu Carnegie (Torreson et al. 1946), con tàu này đã đi 200.000 km vòng quanh thế giới [18].



Hình 1.5. Điện trường theo thời gian trong ngày thời tiết tốt

Các thay đổi điện trường theo thời gian trong ngày thời tiết tốt biến thiên theo mô hình mạch điện toàn cầu, mô hình mạch điện toàn cầu là một vòng khép kín, dòng điện tử sinh ra từ các đám mây dông truyền lên tầng điện ly, lan truyền trong tầng điện ly và bị tiêu tán bởi dòng điện nhỏ trong khí quyển thời tiết tốt ở những khu vực khác, dòng này tương đương dòng tiêu thụ của điện trở cỡ 10^2 Ohm.

1.4. ĐIỆN TÍCH TRONG KHÔNG GIAN

Mật độ điện tích trong không gian thời tiết đẹp (gọi là điện tích không gian), ρ , và điện trường phương thẳng đứng liên quan với nhau theo định luật Gauss, $\rho = \varepsilon \nabla \cdot \vec{E}$. Nếu ta giả thiết có thể bỏ qua các phương ngang của điện trường, thì định luật Gauss trong một chiều là:

$$\frac{\partial E(z)}{\partial z} = \frac{\rho(z)}{\varepsilon} \quad (1.2)$$

Trong đó $\rho(z)$ là điện tích không gian phụ thuộc vào độ cao z

$$\rho(z) = \varepsilon \left[0.370e^{-4.52z} + 0.0145e^{-0.375z} + 0.0012e^{-0.121z} \right] \quad (1.3)$$

Mật độ điện tích thời tiết đẹp giảm nhanh chóng theo chiều cao. Công thức 1.3 chỉ ra hơn 70% điện tích không gian là ở phía dưới 1 km, và 90% ở phía dưới 4.5 km. Sự thay đổi của điện trường và mật độ điện tích theo độ cao có thể được xem như là một phản ứng với sự thay đổi độ dẫn điện theo chiều cao. Nếu dòng sinh ra bởi điện tích không gian có một giá trị cụ thể và không phụ thuộc vào độ cao, thì định luật Ôm chỉ ra sự phụ thuộc theo độ cao của độ dẫn điện sẽ xác định sự phụ thuộc độ cao của điện trường.

1.5. PHÂN LỚP ĐIỆN CỰC

Một biểu hiện của sự dẫn điện trong khí quyển, điện trường là sự xuất hiện của một lớp điện cực, và điện trường âm trong điều kiện thời tiết thuận lợi đẩy các ion dương đi xuống và các ion âm hướng lên. Nếu ta xem xét một lớp không khí vô cùng nhỏ ở ngay trên mặt đất ở trạng thái cân bằng, dòng ion của mỗi cực di chuyển qua ranh giới trên của lớp bằng với thông lượng qua ranh giới dưới, vì vậy không có sự tích tụ thêm các ion. Khi ranh giới dưới của lớp là mặt đất, không có ion nào đi vào từ bên dưới vì ranh giới là chất rắn. Bởi vì các ion âm di chuyển lên phía trên trong điều kiện thời tiết thuận lợi, không có dòng ion âm từ dưới để thay thế những lớp di chuyển ra khỏi lớp trên cùng. Một điện tích dương thực tích tụ trong lớp, ngăn cản dòng ion tiếp theo của cả hai cực qua ranh giới trên.

Mật độ điện tích trong không gian trong thời tiết tốt thường được biểu thị bằng số lượng điện tích cơ bản trên mỗi đơn vị thể tích (cm^3). Crozier (1965) đã thực hiện phép đo trong 3 m đầu tiên trên mặt đất ở New Mexico và tìm được các giá trị vài trăm điện tích cơ bản trên một cm^3 ở 0.25 m, và khoảng 100 đơn vị ở 1 m. Vào ban đêm, lớp điện cực này được thay thế bằng một lớp có điện tích không gian âm. Đôi khi Crozier quan sát thấy một mạng lưới gồm vài nghìn điện tích tự do dương trên mỗi cm^3 ở 0.25 m và chỉ vài trăm điện tích âm ở 1m. Điều này xảy ra cả ban ngày lẫn ban đêm mặc dù có các tác động khác có thể xảy ra khi mặt đất nóng lên vào ban ngày. Công trình nghiên cứu của Crozier cho thấy hiệu ứng điện cực có thể bị ảnh hưởng bởi sự hỗn loạn và nồng độ của các ion lớn, sol khí, hạt nhân ngưng tụ ... Lớp điện cực thường được giới hạn trong khoảng 1 m so với mặt đất, ngoại trừ các dòng đối lưu làm nó lên đến một vài mét [19].

1.6. SỰ NHIỄM ĐIỆN TRONG CÁC ĐÁM MÂY

Mặc dù ta có thể coi bất kỳ đám mây nào là nhiễm điện vì sự hiện diện của một đám mây trong khí quyển tự do làm giảm độ dẫn điện và làm cho điện tích chảy như dòng tích tụ trên ranh giới của đám mây, nhưng đám mây không phải là đám mây dông đã được coi là không điện hóa. Nó chỉ ra rằng một số loại đám mây có điện trường lớn hơn mức có thể giải thích là do một đám mây làm giảm độ dẫn điện trong thời tiết tốt. Sự xuất hiện của các đám mây có thể ảnh hưởng đến mật độ dòng không khí, chắc chắn sự phát triển của môi trường điện môi trong đám mây sẽ làm thay đổi đám mây bằng cách bắt giữ các ion chảy trong dòng điện dẫn. Nếu một đám mây đột nhiên được đặt trong khí quyển, nơi có thời tiết tốt gần như đồng đều, thì sẽ có sự gián đoạn trong các dòng dẫn trên bề mặt phía trên và dưới của đám mây, vì độ dẫn của không khí ở thời tiết tốt lớn hơn khả năng dẫn điện của không khí trong đám mây. Vì tính liên tục của điện tích đòi hỏi điện tích phải thu lại từ xung quanh, trong đó các dòng điện thay đổi theo không gian điện tích bề mặt sẽ trở thành ranh giới trên và dưới của đám mây. Điện tích bề mặt hình thành sẽ làm chậm các dòng bên ngoài đám mây và làm tăng chúng bên trong đám mây. Trạng thái cân bằng sẽ đạt được khi cường độ điện trường bên trong đám mây lớn hơn nhiều so với bên ngoài đến mức bù cho độ dẫn điện của không khí trong mây bị giảm. Xét trường hợp đơn giản của đám mây tạo thành một lớp ngang vô hạn giữa mặt đất và một độ cao z thì điều kiện cân bằng có thể viết là:

$$\sigma_{clr}(z)E_{clr}(z) = \sigma_{cld}(z)E_{cld}(z) \quad (1.4)$$

Trong đó $\sigma_{clr}(z)$ và $E_{clr}(z)$ lần lượt là độ dẫn điện và điện trường trong không khí ngay trên ranh giới đám mây và $\sigma_{cld}(z)$, $E_{cld}(z)$ là độ dẫn điện và điện trường ngay dưới ranh giới đám mây. Từ định luật Gauss chỉ ra rằng một tấm nằm ngang vô hạn của điện tích bề mặt sẽ tạo ra một điện trường thẳng đứng là $\sigma_q / 2\epsilon$. Nếu điện tích dương điện trường hướng lên phía trên mặt vô hạn, điện trường này làm tăng thêm điện trường xung quanh khu vực đặt đám mây:

$$E_{clr}(z) = E(z) + \frac{\sigma_q}{2\epsilon} \quad (1.5)$$

$$E_{cld}(z) = E(z) - \frac{\sigma_q}{2\epsilon} \quad (1.6)$$

Trong đó $E(z)$ là điện trường môi trường xung quanh. Thay vào phương trình 1.4 ta được:

$$\sigma_q = -2\epsilon \frac{\sigma_{clr} - \sigma_{cld}}{\sigma_{clr} + \sigma_{cld}} E(z) \quad (1.7)$$

Như vậy, ta thấy mật độ điện tích bề mặt là một hàm của môi trường xung quanh E . Điện tích bề mặt sẽ gây ra dòng điện liên tục qua ranh giới đám mây.

1.7. BẢN CHẤT ĐIỆN TRONG MÂY DÔNG

Vào thế kỷ 18, Franklin đã khẳng định rằng điện tích âm thường xuất hiện trong các cơn dông bởi vì các phép đo này có xu hướng bị chi phối bởi điện tích ở phần thấp nhất của các cơn dông. Mặc dù cuối thế kỷ 18 một số nhà khoa học nghi ngờ rằng điện tích âm và điện tích dương cùng tồn tại trong các cơn dông, nhưng không thể xác định được sự phân bố tổng điện tích dương và âm trong cơn dông cho đến khi các thiết bị mới được phát triển vào đầu thế kỷ thứ 20. C.T.R. Wilson (1916, 1920, 1929) đã thực hiện các phép đo tại mặt đất của cả điện trường của cơn dông và sự thay đổi điện trường khi sét đánh, ông cho rằng cơn dông gây sấm sét thường có cả điện tích dương và điện tích âm, ngày nay được gọi là lưỡng cực [20-22].

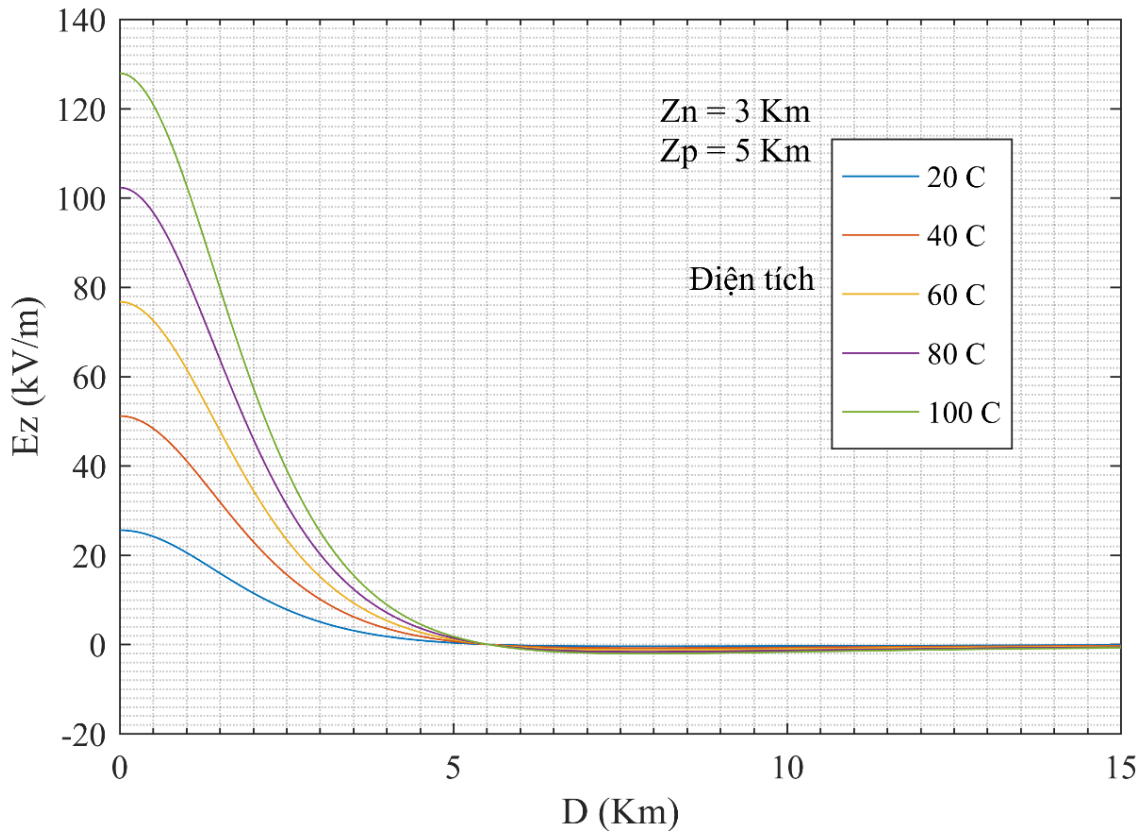
1.7.1. Cấu trúc điện tích trong mây dông

Để xem các giá trị điện trường bề mặt ở một số phạm vi như thế nào, hãy xem xét một lưỡng cực, điện tích âm phía dưới, điện tích dương phía trên có cùng giá trị độ lớn. Nếu trục lưỡng cực thẳng hàng với trục z , thì điện trường trên mặt đất tại một khoảng cách tùy ý D với trục lưỡng cực là

$$E_z = \frac{1}{4\pi\epsilon} \left[\frac{2Qz_N}{(D^2 + z_N^2)^{3/2}} - \frac{2Qz_P}{(D^2 + z_P^2)^{3/2}} \right] \quad (1.8)$$

Trong đó z_N và z_P là độ cao của điện tích âm và điện tích dương tương ứng, và Q là độ lớn điện tích mỗi phân cực của lưỡng cực, điện trường bằng không tại điểm cách lưỡng cực.

$$D = \left(\frac{z_N^{2/3} z_P^2 - z_P^{2/3} z_N^2}{z_P^{2/3} - z_N^{2/3}} \right)^{1/2} \quad (1.9)$$

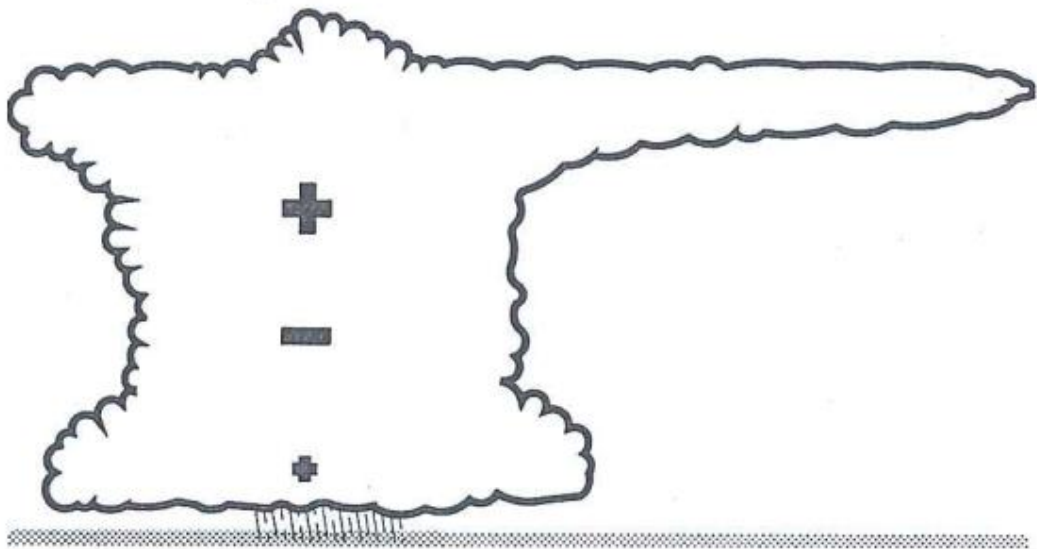


Hình 1.6. Giá trị điện trường theo khoảng cách đến lưỡng cực

Hình 1.6 mô tả giá trị điện trường theo khoảng cách đến lưỡng cực, điện trường theo phương thẳng đứng có giá trị giảm khi khoảng cách điểm quan sát đến lưỡng cực tăng lên. Các đường tính toán có điện tích khác nhau và đều bằng không tại điểm theo công thức 1.9.

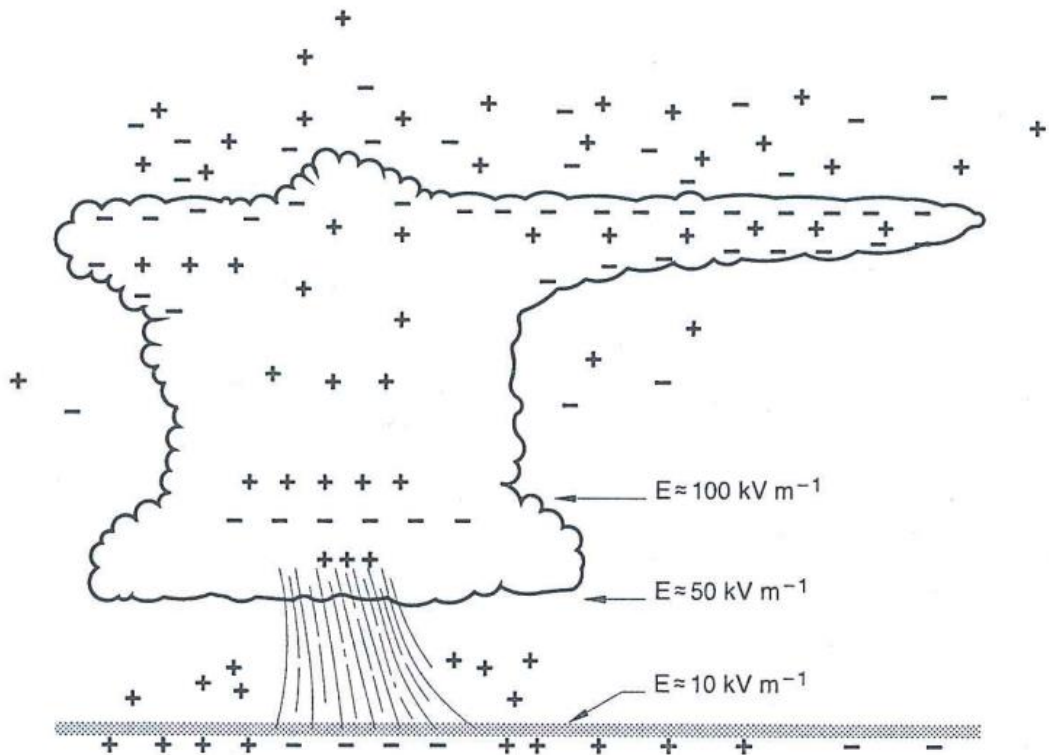
Sự phân bố điện tích trong cơn dông phức tạp đến mức các phép đo thực hiện trên bề mặt cách xa điện tích trong cơn dông đưa ra những thông tin khó hiểu. Ví dụ về sự nhầm lẫn có thể xảy ra như sau, xét trường hợp có một điện tích dương nhỏ bên dưới điện tích âm trong lưỡng cực của một cơn dông. Nếu có đủ điện tích dương ở độ cao thích hợp điện trường ở bề mặt bên dưới cơn dông sẽ là âm và sẽ đảo cực hai lần với khoảng cách từ trục lưỡng cực. Một số chuyên gia nghiên cứu cho rằng điện tích thấp nhất trong nhiều cơn dông là điện tích dương và điện tích điển hình của dông bao gồm sự thay đổi âm so với điện tích dương. Vào đầu những năm 1930, hàng loạt các phép đo chỉ ra rằng điện tích trong cơn dông phần lớn tồn tại như một lưỡng cực dương và lưỡng cực âm tồn tại trong một vài đám mây. Simpson và Scrase

(1937) đã bay các quả bóng bay mang thiết bị để ghi lại điện trường theo hướng thẳng đứng, dựa trên phép đo này họ kết luận rằng các điện tích chính trong cơn dông thường hình thành một lưỡng cực dương. Tuy nhiên, họ cũng phát hiện ra hai điện tích phân tách theo chiều dọc không đủ để tính đến các cấu trúc điện trường quan sát được trong nhiều cơn dông. Điện tích nhỏ thứ ba là cần thiết để giảm điện tích âm trong nhiều cơn dông [23]. Do đó, mô hình khái niệm đơn giản về cấu trúc tổng điện tích của các đám mây dông trở thành mô hình được thể hiện trong Hình 1.7.



Hình 1.7. Cấu trúc điện tích của cơn dông [4]

Mô hình này ta gọi là cấu trúc lưỡng cực / tam cực đã thịnh hành cho đến nay. Sự phân bố điện tích trong cơn dông thực tế thường phức tạp hơn so với một lưỡng cực / tam cực đơn giản. Ví dụ, các điện tích có cực trái ngược nhau có thể xảy ra ở cùng một độ cao và điện trường có thể phức tạp hơn mô hình thẳng đứng qua một lưỡng cực / tam cực. Từ các phép đo của một số nhà nghiên cứu, Moore và Vonnegut (1977) [24] và Krehbiel (1986) [25] đưa ra giả thuyết rằng sự phân bố chi tiết của điện tích xung quanh và trong các cơn dông nhỏ có thể xuất hiện như Hình 1.8.



Hình 1.8. Cấu trúc điện trường trong mây dông Krehbiel (1986) [25]

Các mô hình đám mây sấm cũng tạo ra nhiều phân bố điện tích chuyên sâu hơn.

Dưới đây là các đặc điểm tiêu biểu của cấu trúc điện của cơn dông:

- Điện tích âm thường chiếm ưu thế ở nhiệt độ thấp hơn của cơn dông, thường là ở một số dải nhiệt độ $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ đến $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$.

- Vùng điện tích dương thường nằm ngay trên điện tích âm.

- Điện trường đo được khi di chuyển ngang qua vùng cơn dông chỉ ra các điện tích phân cực khác nhau nằm cạnh nhau như một điện tích dương phía trên kéo dài xuống đến một phía của điện tích âm.

- Thường có một lớp điện tích dày tới vài trăm mét ở ranh giới đám mây, lớp này chứa điện tích âm.

- Hầu hết các điện tích ion nhỏ bên dưới cơn dông là do phóng điện điểm, gây ra từ dòng điện tại mặt đất từ các vật nhọn, như cỏ và cây, dưới ảnh hưởng của điện trường trong cơn dông.

- Điện tích trên gần mặt đất bị ảnh hưởng đáng kể bởi các ion tạo ra bởi

sự phóng điện điểm.

- Trong một cơn dông điển hình, cường độ điện trường và mật độ điện tích không gian quan sát được trong hầu hết các cơn dông nhỏ hơn nhiều so với giá trị lớn nhất quan sát được. Mật độ điện tích tối đa suy ra từ các phép đo điện trường thường là $\leq 10nC/m^3$. Các phép đo điện tích hạt mang điện cho thấy điện tích lớn nhất của từng hạt thường là $\approx -200pC$. Cường độ điện trường lớn nhất thường quan sát được ở gốc đám mây là $10-50kV/m$, bên trong đám mây là $70-200kV/m$. Điện trường ở mặt đất chịu tác dụng của điện tích mà các vật nhọn trên mặt đất phát ra ứng với điện trường trong cơn dông, do đó cường độ điện trường lớn nhất tại mặt đất thường là $1-10kV/m$.

1.7.2. Dòng điện trong mây dông

Quy ước chiều dòng điện phải được ấn định, quy ước trong luận văn này được chọn để phù hợp với quy ước phản trước về hướng điện trường dương. Dòng điện gây ra bởi điện trường dương (tức là điện tích dương chuyển động lên trên), dòng điện dương được coi là dòng điện tích dương theo hướng tọa độ dương (đông, bắc, và hướng lên trên đối với hệ tọa độ Đề-Các tương đối của trái đất), dòng điện tích âm theo hướng ngược lại. Các dòng trong môi trường cơn dông bao gồm các dòng bên trong, dòng trên đỉnh, dòng sét, dòng của tia chớp, dòng từ ion tạo ra từ điểm nhọn trên mặt đất, dòng phóng điện điểm và các dòng đi theo không khí trong cơn dông (cả theo chiều thẳng đứng và theo chiều ngang) ở gần và trong đám mây.

- Dòng từ đỉnh đám mây: Wilson (1920) đã đề xuất một dòng điện chạy từ đỉnh đám mây dông đến tầng trên khí quyển. Phía trên đỉnh của các cơn dông, một dòng điện dương thuần chảy về phía mặt điện quyển, dòng này sinh ra từ các ion nhỏ trong không khí với điện trường do điện tích dương ở phần trên của cơn dông gây ra. Khoảng cách theo phương ngang mà dòng điện chạy qua là 20 km. Ước tính dòng điện trung bình là 1.7 A đến 3.7 A [21].

- Dòng corona – dòng phóng điện điểm: Tạo ra bởi sự phân hủy không khí trong điện trường cao xung quanh các vật dẫn nhọn bên dưới các cơn dông. Ví dụ, dòng corona từ một cái cây bị cô lập không chỉ phụ thuộc vào điện trường, gió mà còn phụ thuộc vào kích thước của cây, các thảm thực vật

xung quanh, loại lá ... Vì vậy, một phép đo tương đối có ý nghĩa của dòng corona là rất khó, nếu không muốn nói là không thể. Trong một đám mây có diện tích $3 \times 10^4 m^2$, Stromberg (1971) đã tìm thấy dòng điện một vài microA từ hai cây vân sam. Các cây bên ngoài truyền điện tích vào bầu khí quyển nhiều hơn 25% so với cây bên trong, các cây chỉ chuyển điện tích bằng 6% so với một điểm kim loại bên ngoài cây. Mật độ dòng điện corona thường tính theo nanoA trên mét vuông. Điều này cho thấy rằng đối với một cơn dông bị cô lập tổng lưu lượng dòng điện là vài phần mười A [26].

- Dòng sét: Sét tạo ra các dòng điện có thể được chia thành các dòng điện trực tiếp truyền điện tích đến Trái đất thông qua các tia chớp trên mặt đất và những dòng điện bên trong các cơn dông. Livingston và Krier (1978) ước tính rằng dòng sét tạo ra mật độ trung bình là $3nA/m^2$ trong một cơn dông ở Florida, dẫn đến tổng dòng điện khoảng $3.5A$ [27]. Krehbiel (1981) ước tính mỗi đám mây dông liên quan đến khoảng $50-100nA/m^2$ hoặc tổng dòng điện $0.1-0.7A$ [28].

- Dòng Maxwell: Krider và Musser (1982) đề xuất xác định lưu lượng dòng trong cơn dông bằng cách đo mật độ dòng Maxwell, JM. Họ cũng gợi ý JM được kết hợp trực tiếp với cấu trúc khí tượng hoặc động học của đám mây. Đối với cơn dông bị cô lập, $0.25nA/m^2$ trên khoảng $50km^2$, mang lại dòng tổng cộng trong cơn dông nằm trong khoảng $0.05-0.45A$ [29].

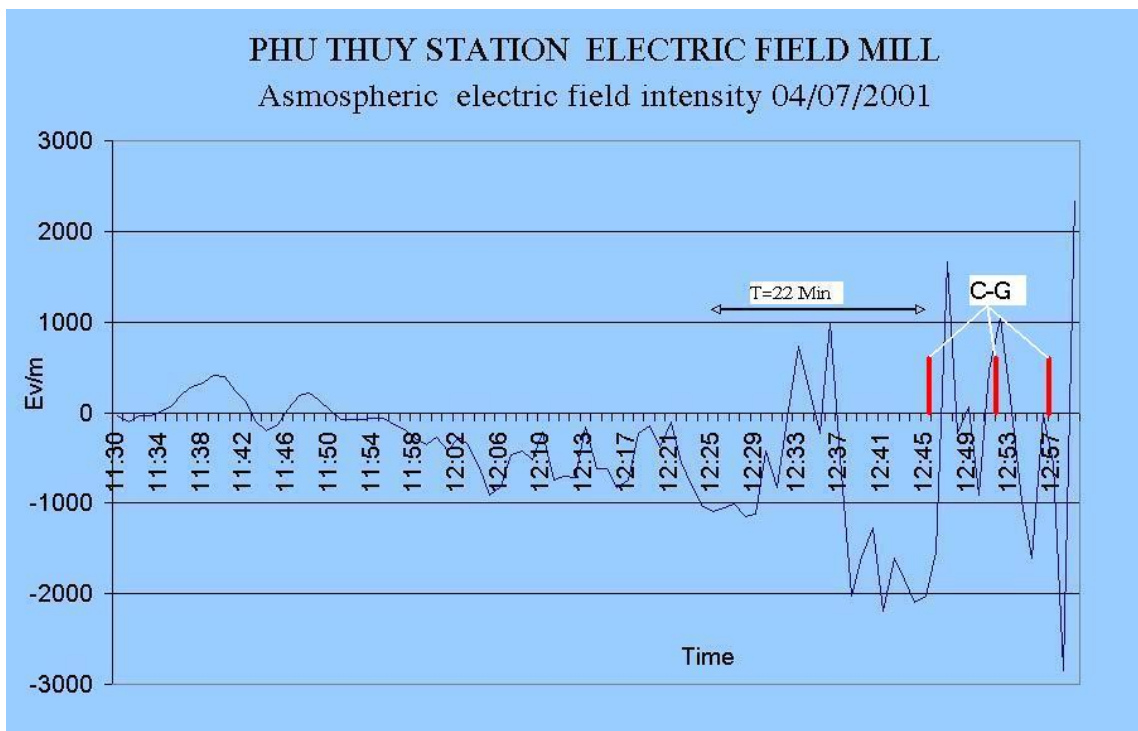
1.8. NGHIÊN CỨU CẢNH BÁO SÉT

Việc nghiên cứu cảnh báo sét được nhiều tác giả (trong và ngoài nước) quan tâm nghiên cứu do có tính ứng dụng cao [12-14, 30-37]. Các nghiên cứu sử dụng nhiều nguồn số liệu khác nhau từ nguồn số liệu trực tiếp như đo cường độ điện trường đến sử dụng số liệu định vị sét, các số liệu gián tiếp như rada, ảnh mây vệ tinh và các mô hình động lực.

Các kết quả thử nghiệm cho thấy thời gian cảnh báo có thể được từ 2 tiếng đến 30 phút phụ thuộc vào cách tiếp cận. Trong công trình Zeng (2013) [36] thực hiện cảnh báo sét ở Trung Quốc dựa trên đo điện trường, số liệu định vị sét và radar, thời gian trung bình cảnh báo trước phóng điện mây-đất đầu tiên 20,8 phút với khả năng cảnh báo sét thành công trên 80%.

Việc thử nghiệm thiết bị đo điện trường đã được dùng ở Việt Nam cho

kết quả tốt Nguyễn Xuân Anh và nnk (2008) [13]. Theo nghiên cứu này, hầu hết trong các cơn dông trước khi có phóng điện tại khu vực gần đài Phú Thụy thì giá trị cường độ điện trường tăng lên tới 1000-1500V/m trước đó khoảng 30-40 phút. Hình 1.9 là biến trình cường độ điện trường ngày 04/07/2001. Trước khi xảy ra sét tại khu vực trạm lúc 12 giờ 47 phút giá trị cường độ điện trường biến đổi mạnh liên tục và có lúc đạt tới trên 1000 V/m. Thường thì phóng điện trong mây xảy ra trước, sau đó mới xảy ra sét. Con dông số liệu phóng điện trong cơn dông này. Phóng điện trong mây xảy ra trước khi có sét đánh xuống đất 37 phút.



Hình 1.9. Cường độ điện trường trong cơn dông

Trước khi có phóng điện xuống đất xảy ra giá trị cường độ điện trường biến đổi mạnh. Nhờ sự biến đổi này ta có thể xác định được rằng trong thời gian tới sẽ có phóng điện xảy ra. Trên hình những vạch đỏ biểu diễn những cú sét đánh trong khu vực trạm.

Trong tài liệu [37], nghiên cứu, đánh giá, xây dựng quy trình cảnh báo sét cho khu vực Gia Lâm-Hà Nội. Sử dụng các nguồn số liệu gồm: 139 ngày có nhiều loạn cường độ điện trường trên tổng số 521 ngày đo đạc của thiết bị đo cường độ điện trường (EFM-100) đặt tại trạm Phú Thụy thuộc Gia Lâm-Hà Nội, trong khoảng thời gian từ 2017 đến 2019; số liệu định vị sét; số liệu

radar thời tiết; số liệu vệ tinh Himawari. Phương pháp cảnh báo được áp dụng là phương pháp “hai vùng”, vùng cần cảnh báo AOC với bán kính 10 km từ vị trí trạm đo điện trường và vùng cảnh báo WA (mở rộng thêm 20 km từ vùng AOC). Các chỉ số thống kê được dùng để đánh giá chất lượng cảnh báo, theo thời gian cả ngày và buổi chiều, kết quả cho thấy tỷ lệ cảnh báo đúng POD cho vùng AOC tương ứng là 86,99% và 88,0%. Tỷ lệ cảnh báo không thành công FTW cho vùng AOC tương ứng là 13,01% và 12,0%. Tỷ lệ cảnh báo không FAR tương ứng là 24,14% và 18,52%. Thời gian cảnh báo sét trung bình là trước 31,6 phút.

Có thể thấy trong các nghiên cứu này, độ chính xác của việc cảnh báo phụ thuộc nhiều vào cấu trúc điện trong mây dông, độ lớn của chúng và tiến trình phát triển dông. Với lý do này, để có thể tìm ra các thuật toán tốt hơn cho việc dự báo sét, trong luận văn sẽ thực hiện các công việc cụ thể như sau:

- Thực hiện tính toán, mô phỏng điện từ trường trong cơn dông với các nguồn số liệu có cấu hình khác nhau,
- Thử nghiệm so sánh với số liệu thực tế và đánh giá cho một số cơn dông cụ thể là việc cần thực hiện.

Phương pháp và kết quả sẽ được trình bày ở các chương tiếp theo.

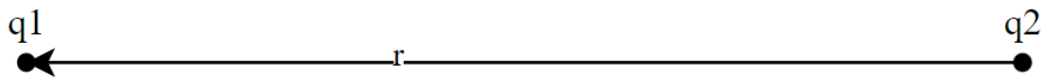
Chương 2. PHƯƠNG PHÁP VÀ SỐ LIỆU NGHIÊN CỨU ĐẶC ĐIỂM ĐIỆN TRƯỜNG MÂY DÔNG

Nội dung Chương 2 trình bày cơ sở khoa học về phương pháp xây dựng và tính toán đặc điểm điện trường trong mây dông có sử dụng số liệu và kỹ thuật đo lường điện trường trên mặt đất.

2.1. ĐỊNH LUẬT CU-LÔNG VÀ ĐIỆN TRƯỜNG

Phương pháp nghiên cứu trong luận văn dựa trên cơ sở định luật Cu-lông. Định luật Cu-lông dựa trên các quan sát thực nghiệm, là một phát biểu toán học về một mối quan hệ được quan sát. Phát biểu như sau:

Lực do một điện tích điểm khác tác dụng lên một điện tích tỉ lệ với độ lớn của mỗi điện tích, tỉ lệ nghịch với bình phương khoảng cách và có phương dọc theo đường nối hai điện tích. Đó là lực hút nếu các điện tích trái dấu và lực đẩy nếu các điện tích cùng dấu.



Hình 2.1. Hai điện tích điểm q_1 và q_2 đặt cách nhau một đoạn r

Về mặt toán học, định luật Cu-lông được viết:

$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon} \frac{q_1 q_2}{r^2} \hat{r} \quad (2.1)$$

Trong đó \vec{F} là lực tác dụng lên điện tích, q_1 và q_2 là hai điện tích (biểu thị dưới dạng một số có dấu), r là khoảng cách giữa các điện tích, \hat{r} là vector hướng dọc theo đường nối hai điện tích.

$$\epsilon = 8.85 \times 10^{-12} \frac{C^2}{N.m^2}$$

Nếu ta chia hai vế phương trình 2.1 cho q_1 ta được lực tác dụng trên một đơn vị điện tích từ một điện tích điểm q_2 :

$$\frac{\vec{F}}{q_1} = \frac{1}{4\pi\epsilon} \frac{q_2}{r^2} \hat{r} \quad (2.2)$$

Tỉ số này gọi là điện trường \vec{E} .

Ta xét một số điện tích điểm q_1, q_2, \dots, q_n , ở khoảng cách r_1, r_2, \dots, r_n tới điện tích thử Q , tổng lực tác dụng lên Q là:

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots = \frac{1}{4\pi\epsilon} \left(\frac{q_1 Q}{r_1^2} \hat{r}_1 + \frac{q_2 Q}{r_2^2} \hat{r}_2 + \dots \right) \quad (2.3)$$

Hay

$$\vec{F} = Q\vec{E} \quad (2.4)$$

Trong đó:

$$\vec{E}(r) = \frac{1}{4\pi\epsilon} \sum_{i=1}^n \frac{q_i}{r_i^2} \hat{r}_i \quad (2.5)$$

Điện trường là một hàm phụ thuộc vị trí, không phụ thuộc điện tích thử Q , đơn vị là V/m . Xác định hướng của điện trường theo hướng mà một điện tích thử dương chịu tác dụng của lực \vec{F} . Do đó, \vec{E} tạo bởi một điện tích điểm $+q$ dương hướng ra ngoài, tạo bởi điện tích điểm âm hướng vào trong. Bất kể độ lớn của điện tích điểm, điện trường mà nó tạo ra là đối xứng cầu.

Quy mô đám mây dòng khá lớn, thường ta chỉ quan tâm đến thành phần thẳng đứng của điện trường, phương pháp tính điện trường trên mặt đất, theo hệ tọa độ Đề-Các tương đối của Trái đất, từ một điện tích có độ cao z , đến điểm cách đó có tọa độ (x, y) .

$$|\vec{E}| = \left| \frac{1}{4\pi\epsilon} \frac{q}{r} \hat{r} \right| \quad (2.6)$$

Chuyển về hệ tọa độ Đề-Các như sau:

$$|\vec{E}| = \frac{1}{4\pi\epsilon} \frac{q}{x^2 + y^2 + z^2}$$

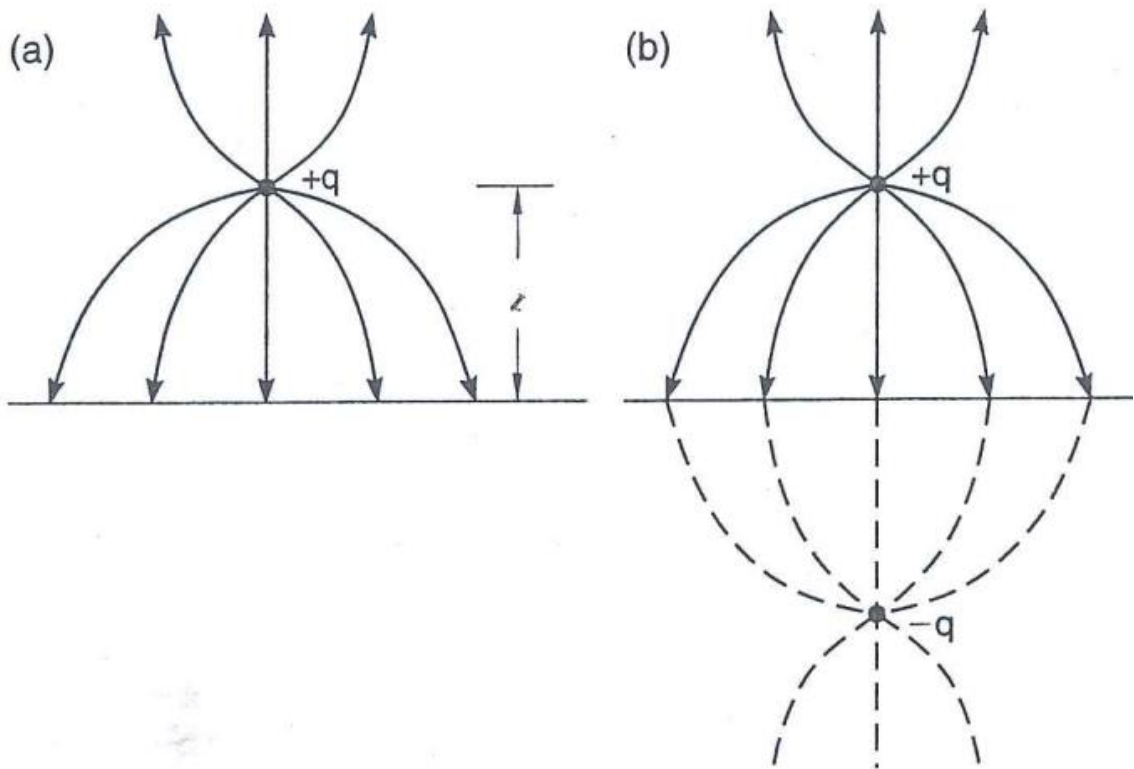
$$E_z = \frac{1}{4\pi\epsilon} \frac{q}{x^2 + y^2 + z^2} \cos \theta = \frac{1}{4\pi\epsilon} \frac{qz}{\sqrt{(x^2 + y^2 + z^2)^3}} \quad (2.7)$$

Chồng chất N điện tích điểm, mỗi điện tích điểm sẽ góp phần vào điện trường tại một điểm đã cho trên mặt đất. Để xác định kết quả điện trường, điện trường từ mỗi điện tích được cộng theo phương thẳng đứng.

$$E_{z_{tot}} = \sum_{i=1}^N E_{z_i} = \frac{1}{4\pi\epsilon} \sum_{i=1}^N \frac{q_i z_i}{\sqrt{(x_i^2 + y_i^2 + z_i^2)^3}} \quad (2.8)$$

Công thức 2.8 chỉ đề cập đến độ lớn của điện tích, hướng của điện trường theo phương thẳng đứng được thể hiện bằng dấu của điện tích. Điện trường phương thẳng đứng hướng lên trên mang giá trị dương, điện trường hướng xuống dưới mang giá trị âm.

Điện tích ảnh, minh họa bằng một điện tích điểm phía trên một mặt phẳng dẫn, tương tự một đám mây tích điện trên bề mặt của Trái đất như trong Hình 2.2 (a).

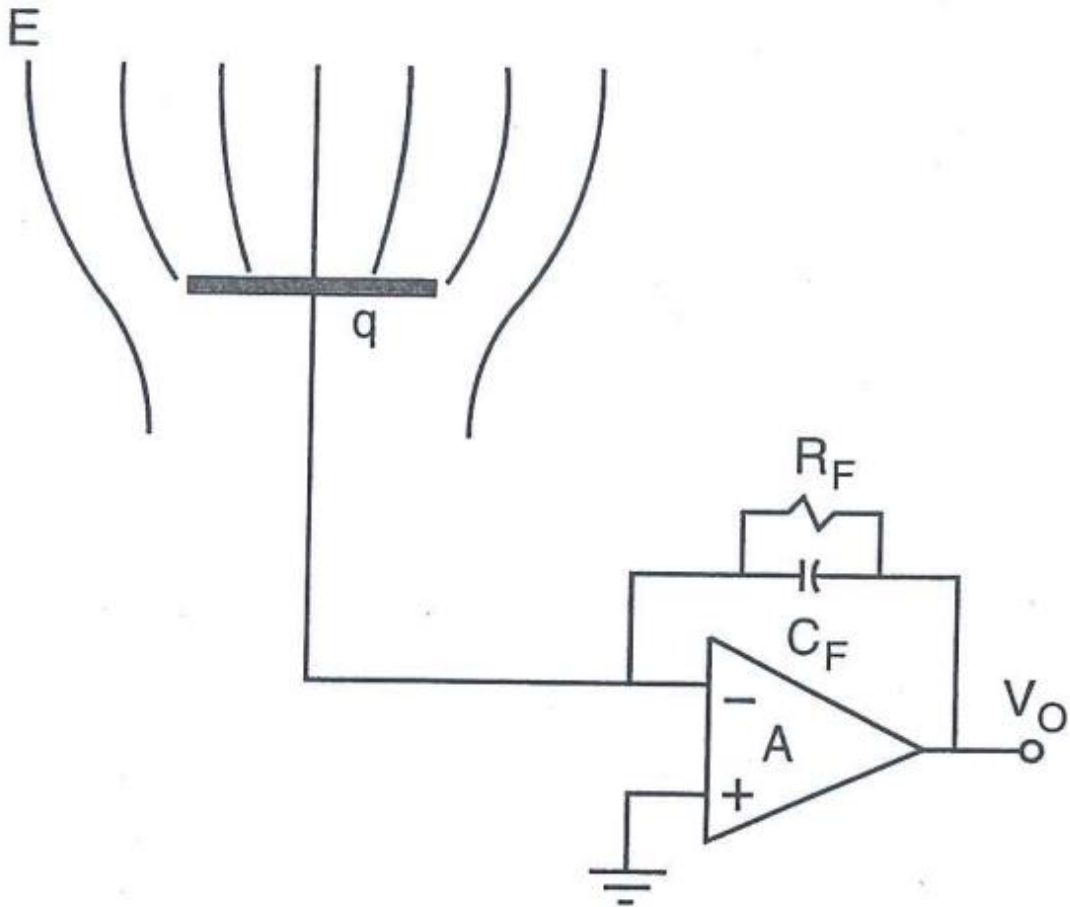


Hình 2.2. Điện tích ảnh

Một điện tích dương và các đường sức của nó như trong Hình 2.2, hệ quả là điện trường bên trong vật dẫn điện Trái đất bằng 0 (như đã đề cập ở Chương 1), và các đường sức điện trường từ bất kỳ điện tích nào phía trên mặt đất phải vuông góc với bề mặt của mặt đất trên toàn bộ bề mặt. Nếu có một thành phần nằm ngang của điện trường, nó làm điện tích di chuyển dọc theo bề mặt đến khi thành phần nằm ngang của điện trường từ điện tích đối nghịch chính xác với thành phần nằm ngang của điện tích ảnh.

2.2. KỸ THUẬT ĐO LƯỜNG ĐIỆN TRƯỜNG TRÊN MẶT ĐẤT

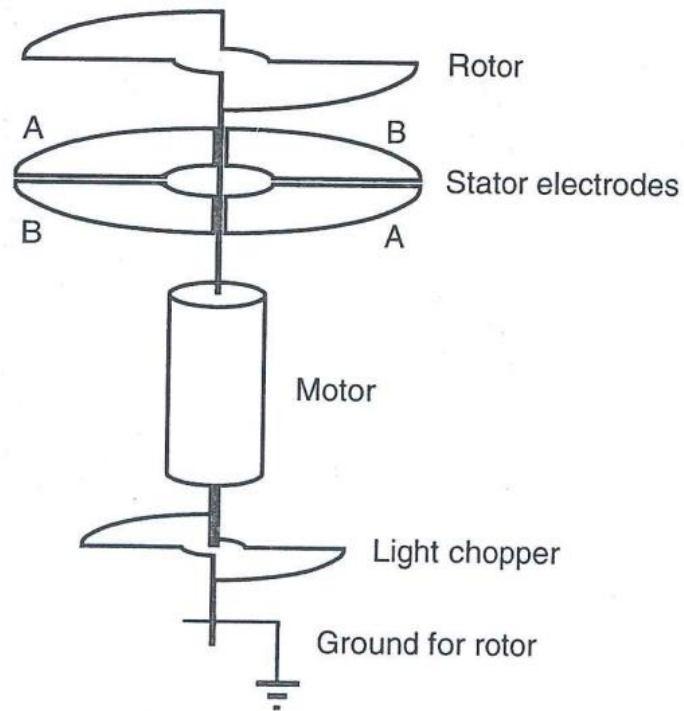
Máy đo điện trường tĩnh trong khí quyển có dạng hình trụ và có cánh quay. Mặc dù các máy phát hiện điện trường đã được sử dụng trong nhiều thập kỷ, nhưng công nghệ phát triển đã có những đóng góp quan trọng. Trong các thiết bị hiện đại để đo điện trường, mạch điện thường sử dụng một bộ khuếch đại thuật toán như một bộ khuếch đại điện tích như trong Hình 2.3.



Hình 2.3. Bộ khuếch đại điện tích

Điện tích q gây ra trên các stator như hình là một hàm của điện trường, mối quan hệ liên quan đối với cảm biến xoay trở thành:

$$E \propto -\frac{V_O}{C_F}$$



Hình 2.4. Bộ phận cơ khí của cảm biến điện trường

Các stator được kết nối thành từng cặp A B. Mỗi cặp được kết nối với đầu vào của một bộ khuếch đại thuật toán. Bộ khuếch đại thuật toán có thể tạo ra cả hai cực tính của điện áp, vì vậy cả hai cực tính của điện trường có thể được đo. Điện áp cực đại V_0 nhỏ hơn một chút so với điện áp nguồn của bộ khuếch đại.



Hình 2.5. Hình ảnh thực tế của thiết bị EFM100

Khi rotor quay, mỗi cánh của stator tiếp xúc luân phiên với điện trường và được che chắn khỏi điện trường xung quanh. Điện tích được tạo ra trên mỗi cánh của stator khi tiếp xúc với điện trường bên ngoài và bị dẫn ra ngoài khi cánh của stator bị che. Tín hiệu dòng điện cảm ứng được cảm nhận tại stator và được chuyển vào bộ khuếch đại thuật toán. Máy đo được lắp đặt song song với mặt đất do đó điện trường tới là vuông góc với bề mặt của mặt đất.

Ngoài số liệu từ máy đo điện trường tĩnh trong khí quyển, Radar (Radio Detection and Ranging) được bắt đầu phát triển trong thế chiến II, cho mục đích quân sự. Kể từ thế chiến II đến nay, đã có nhiều tiến bộ trong công nghệ radar phục vụ cho nhu cầu nghiên cứu, đặc biệt là nghiên cứu thời tiết với khả năng phát hiện được mây, hạt nước, vận tốc gió ... Trong luận văn này sử dụng số liệu của radar thời tiết băng tần “X” – Viện Vật lý Địa cầu, như số liệu đối chiếu kết quả tính toán giữa đám mây điện tích và quan sát đám mây dông gây mưa của radar.



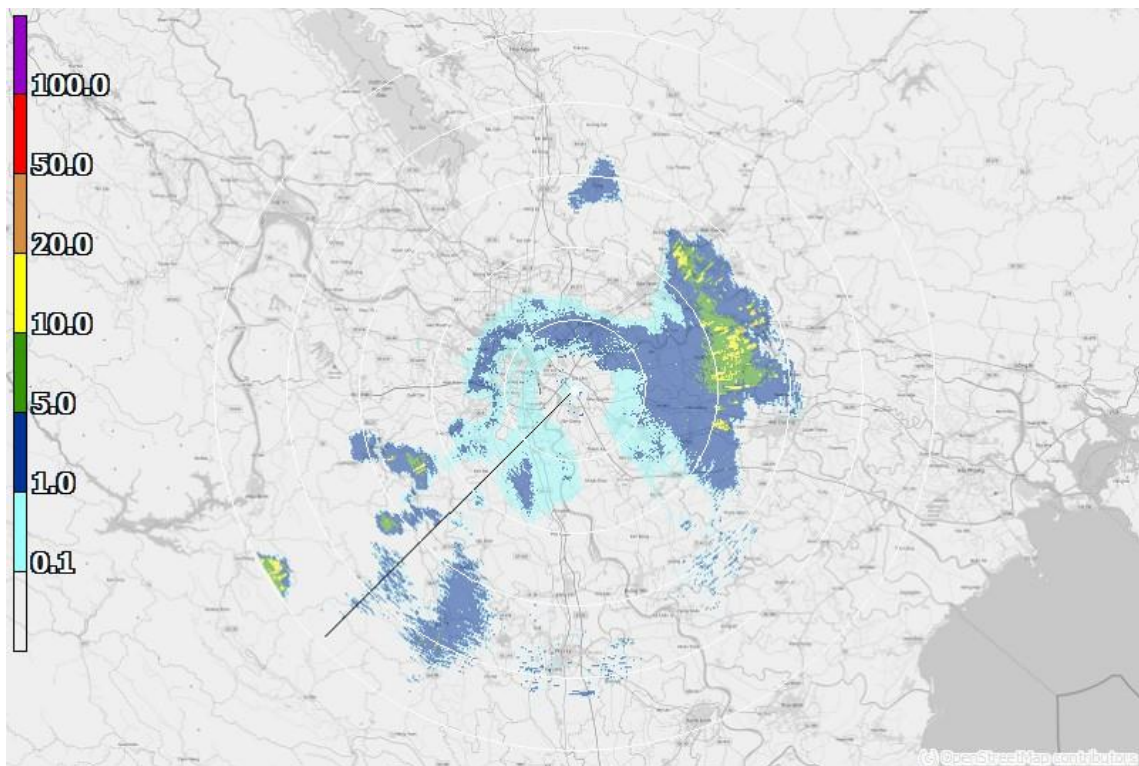
Hình 2.6. Radar băng X tại Học viện Nông nghiệp Việt Nam

Radar băng “X” sử dụng bước sóng 2.5 cm đến 4 cm hay tần số 8 đến 12 GHz, bước sóng nhỏ. Radar này được sử dụng cho các nghiên cứu về sự phát triển của đám mây gây mưa vì nó có thể phát hiện các hạt nước nhỏ và

cũng được sử dụng để phát hiện mưa nhẹ như mưa phùn, mưa tuyết. Tín hiệu của radar băng “X” này rất dễ bị suy giảm, nó chỉ được sử dụng để quan sát thời tiết trong phạm vi ngắn, bán kính dưới 60 km. Ta có thể sử dụng số liệu radar này để khoanh vùng khu vực điện tích để tính toán tổng lượng điện tích của các cơn mây dông, cũng như đối chiếu với vị trí đám mây điện tích tính được ở chương sau.

2.3. CÁC SỐ LIỆU ĐẦU VÀO

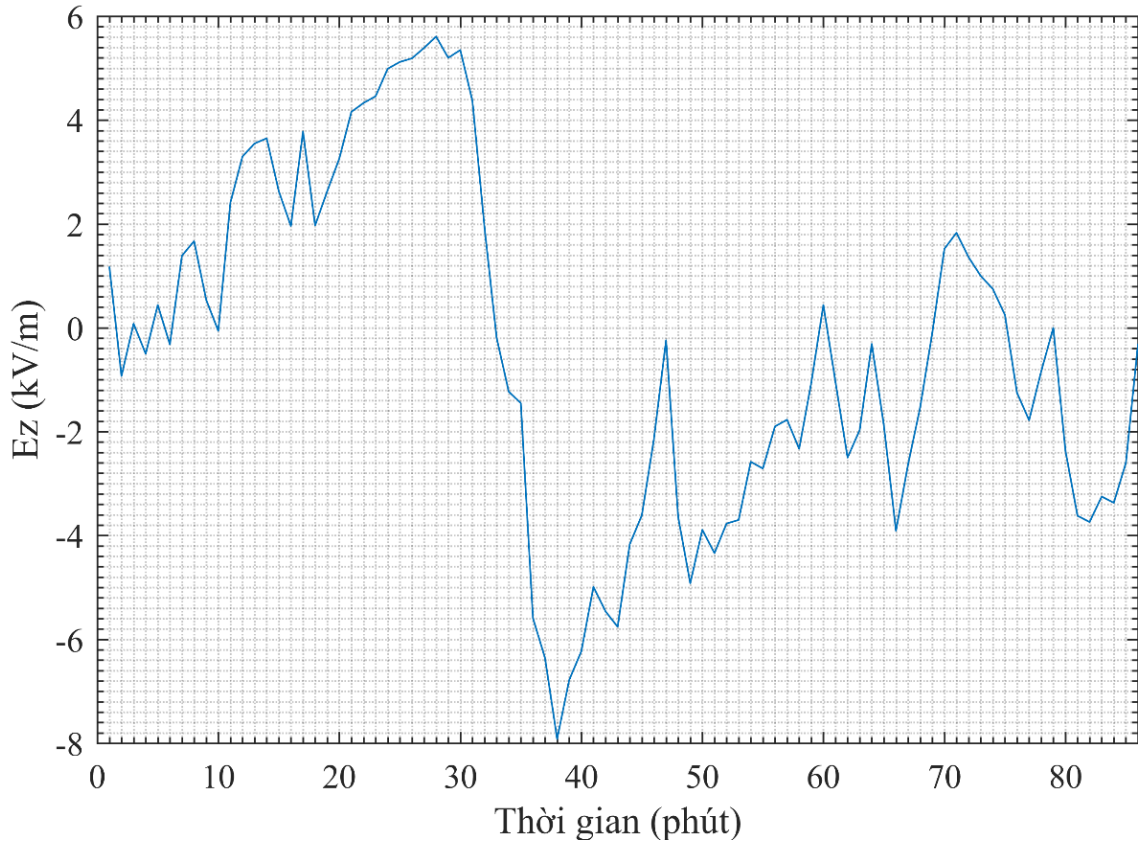
Hình 2.7 dưới đây là màn hình radar hiển thị cơn dông tại Hà Nội ngày 22/3/2022.



Hình 2.7. Hình ảnh cơn dông từ Radar

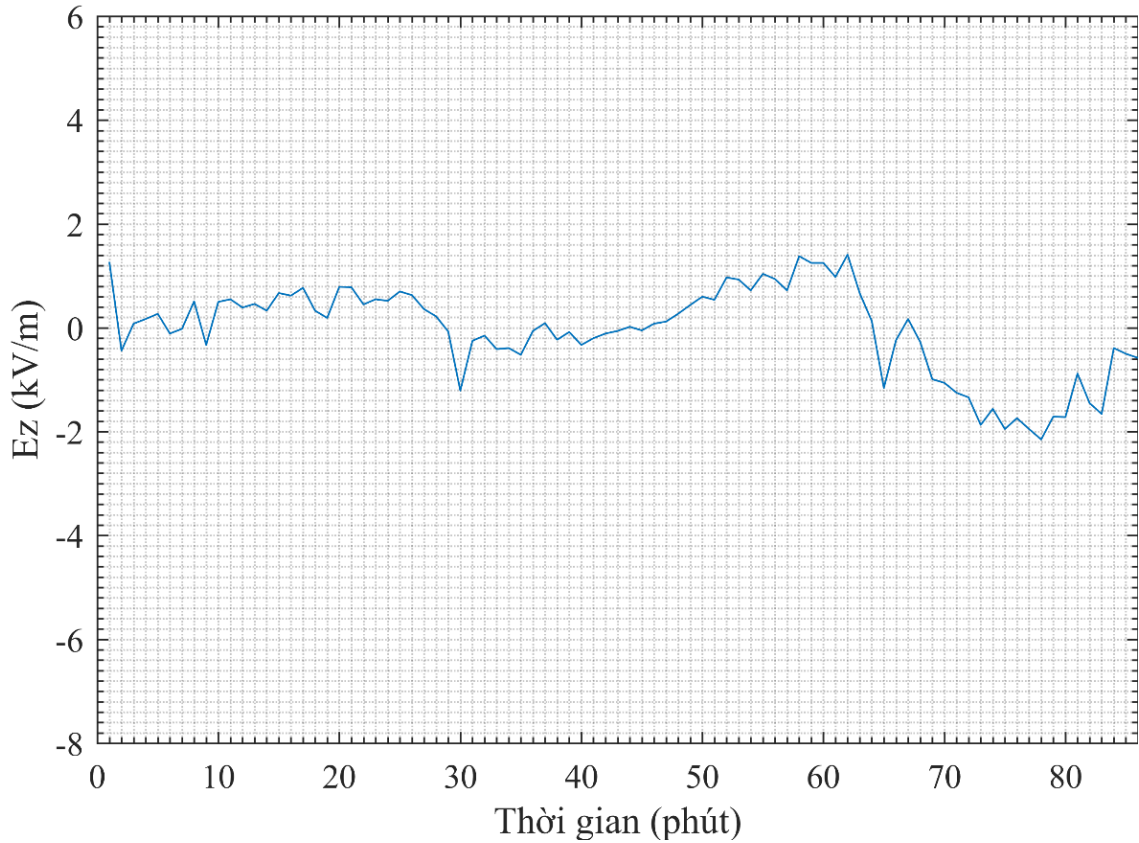
Quan sát trên hình, thấy có một cơn dông ở phía đông Hà Nội, mỗi vòng tròn tương ứng với khoảng cách 10 km. Đám mây dông phát triển tại chỗ từ 18 giờ 35 phút đến 20 giờ 00 phút.

Các số liệu điện trường đo được trong thời gian xuất hiện của cơn dông:



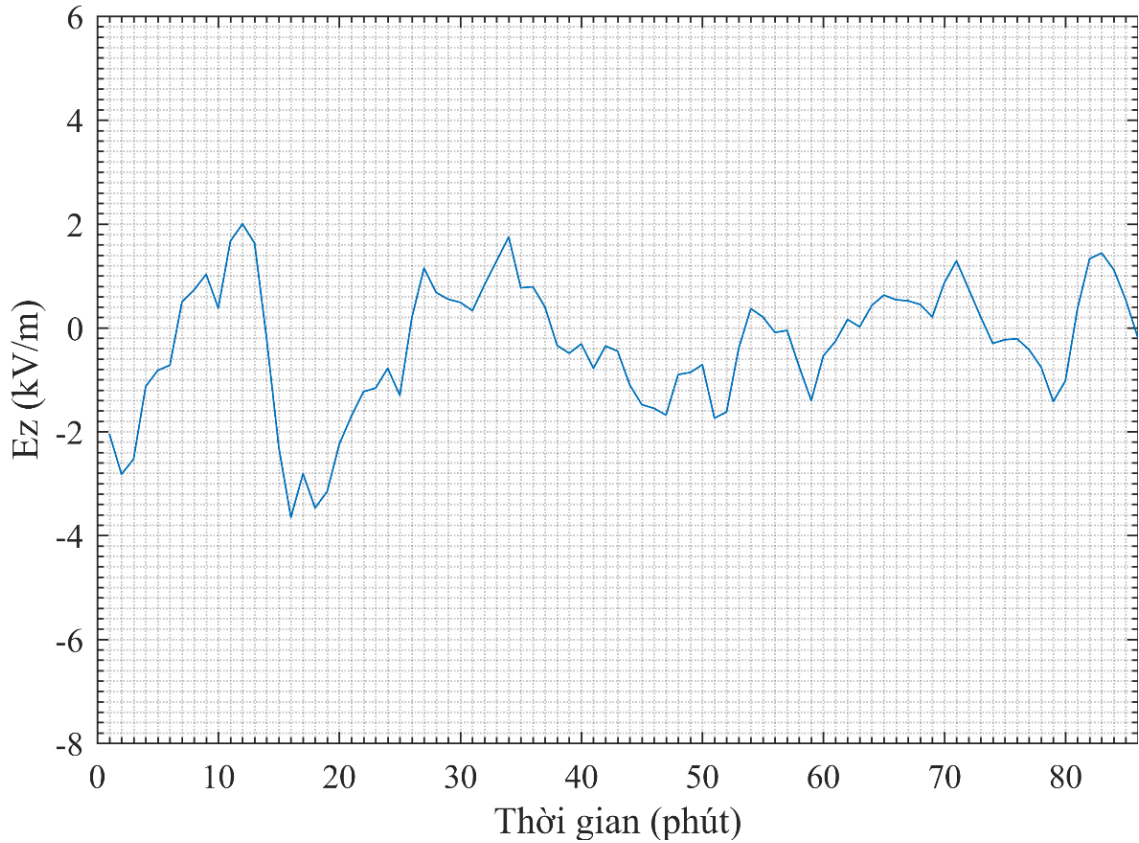
Hình 2.8. Điện trường được đo tại Phú Thụy

Địa điểm đo Phú Thụy, điện trường theo phương thẳng đứng có giá trị khá cao trong khoảng từ -8 kV/m đến 6 kV/m. Trong 30 phút đầu khi hình thành cơn dông, các ion dương dần xuất hiện trên mặt đất với mật độ thấp, điện trường liên tục tăng hướng lên theo tuân theo mô hình lưỡng cực, từ 30 đến 60 phút khi mật độ ion trên mặt đất đủ lớn, khi này các ion dương đã tích tụ thành lớp gần mặt đất, điện trường theo phương thẳng đứng có xu hướng hướng xuống tuân theo mô hình tam cực. Khoảng thời gian sau đó giá trị điện trường phát triển theo sự kết thúc của cơn dông. Dạng biến đổi theo thời gian này có được khi thiết bị đo ở gần hoặc ngay dưới cơn dông.



Hình 2.9. Điện trường được đo tại Phú Xuyên

Địa điểm đo Phú Xuyên, cách khá xa cơn dông, khoảng 25 km đến rìa cơn dông, điện trường theo phương thẳng đứng có giá trị trong khoảng từ -2 kV/m đến 2 kV/m. Vẫn có hiệu ứng tác động từ cơn dông này so với điện trường lúc trời đẹp thường là trị số dưới 150 V/m, đây là hiệu ứng quan sát được.



Hình 2.10. Điện trường được đo tại Chương Mỹ

Địa điểm đo Chương Mỹ, cách khoảng 20 km đến rìa cơn dông, điện trường theo phương thẳng đứng có giá trị trong khoảng từ -4 kV/m đến 2 kV/m. Vẫn có hiệu ứng tác động từ cơn dông này so với điện trường lúc trời đẹp thường là trị số dưới 150 V/m, đây là hiệu ứng quan sát được. Điện trường đo được tại Chương Mỹ chịu ảnh hưởng của một đám mây dông khác từ khu vực thủy điện Hòa Bình.

Các giá trị điện trường theo phương thẳng đứng đo được tại ba trạm có diễn biến phức tạp theo thời gian, nhất là các trạm cách xa cơn dông đang quan sát. Diễn biến phức tạp này cũng cho thấy sự phức tạp của diễn biến các cơn mây dông mà chúng ta cần nghiên cứu.

Chương 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. PHƯƠNG PHÁP TÍNH TOÁN VỊ TRÍ ĐÁM MÂY ĐIỆN TÍCH

Mục tiêu của luận văn là tính toán được vị trí phân bố đám mây điện tích trong cơn dông. Phương pháp tính toán dựa trên định luật Cu-lông các công thức đã được diễn giải ở phần 2.1, sử dụng số liệu điện trường tĩnh đo được trên mặt đất.

Mô phỏng điện tích trong cơn dông bằng cách tạo đám mây mô phỏng cấu trúc phân bố của điện tích theo mô hình tam cực điện tích: khối điện tích “+” nhỏ gần mặt đất, khối điện tích “-” ở mặt dưới của đám mây dông, khối điện tích “+” ở trong đám mây dông.

+) Mặt ở độ cao 6 km tích điện dương với tổng điện tích +40 C, bán kính 5 km.

+) Mặt ở độ cao 4 km tích điện âm với tổng điện tích -40 C, bán kính 5 km.

+) Mặt ở độ cao 300 m gần mặt đất với tổng điện tích +2 C, bán kính 1 km.

Phân chia đều điện tích trên các mặt, điện trường được tính theo công thức sau

$$E_z = -\frac{1}{4\pi\epsilon} \sum_i \sum_j \sum_k \left[\frac{2q_{ijk} z_k}{(x_i^2 + y_j^2 + z_k^2)^{\frac{3}{2}}} \right] \quad (3.1)$$

Trong đó x, y, z là tọa độ trong không gian, q là điện tích khối tương ứng với tọa độ trong không gian.

Ta sẽ tính toán điện trường tại mặt đất theo mô hình tam cực và so sánh sự khác biệt với mô hình lưỡng cực ở chương sau. Giả sử tổng lượng điện tích của một cơn dông tăng và giảm tuyến tính theo thời gian, thường từ 40 phút đến 100 phút và phân bố điện tích là ngẫu nhiên theo mô hình tam cực sử dụng phương pháp số chia không gian thành các hình khối có kích thước 100x100x100 m, sử dụng công thức 3.1 tính được điện trường tại mặt đất.

Các bước thực hiện tính toán vị trí và độ lớn đám mây điện tích:

Bước 1: Lấy số liệu máy đo điện trường tĩnh trong khí quyển EFM100 đặt tại ba vị trí: Phú Thụy, Phú Xuyên, Chương Mỹ. Gốc tọa độ đặt tại Viện Vật lý Địa cầu, trục hoành x theo hướng Tây sang đông của vĩ độ Trái đất, trục tung y theo hướng Nam đến Bắc của kinh độ Trái đất, giới hạn tính cường độ điện trường trong vùng không gian. Khởi tạo vùng không gian giới hạn bởi

$$\left\{ \begin{array}{l} -40km \leq x \leq 40km \\ -40km \leq y \leq 40km \\ 0km \leq z \leq 10km \end{array} \right\}.$$

Bảng 3.1. Tọa độ các vị trí

Địa điểm	x (km)	y (km)
Viện Vật lý Địa cầu	0	0
Phú Xuyên	3.2	-33.7
Chương Mỹ	-9.4	-12.7
Phú Thụy	16.4	-1.2

Bước 2: Khởi tạo ô lưới kích thước 1x1 km trong vùng không gian giới hạn, đặt điện tích có giá trị độ lớn từ 0 C đến 80 C tại tất cả các vị trí ô lưới.

Bước 3: Áp dụng công thức 3.1 tính được điện trường tại các vị trí đặt ba máy đo ở tất cả các trường hợp trong vùng khảo sát.

Bước 4: Tìm kiếm vị trí và cường độ điện tích phù hợp nhất so với số liệu của các máy đo. Sử dụng phương pháp bình phương tối thiểu của sai số giá trị điện trường tính được trong mô hình với giá trị điện trường thực đo được tại ba trạm tìm được vị trí, điện tích tương ứng mà ở đó cường độ điện trường tính được sai khác với cường độ điện trường được đo thực tế là nhỏ nhất.

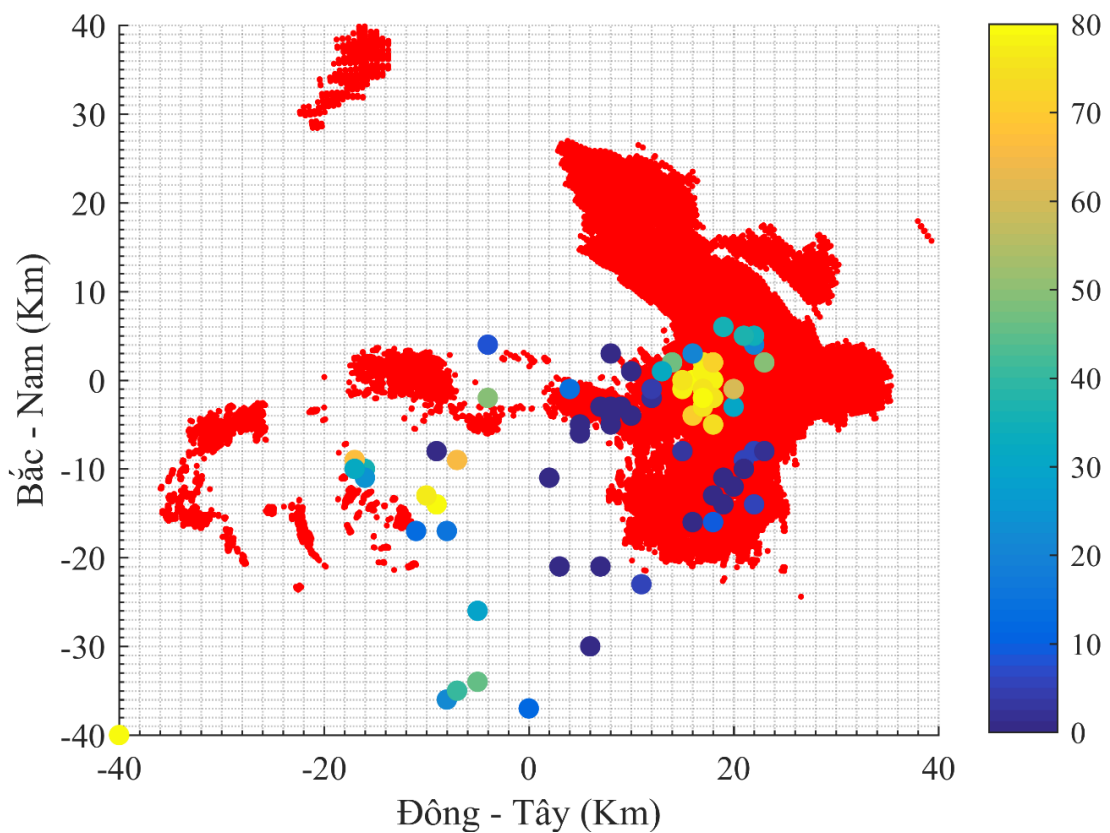
Bước 5: Tập hợp tất cả những điểm này tạo lên đám mây điện tích trong vùng không gian đang khảo sát. Đối chiếu đám mây điện tích với đám mây dông thực ghi lại được bằng số liệu radar ta có đánh giá về độ tin cậy của phương pháp này.

Sử dụng phương pháp tính toán trên, và số liệu ba trạm đo điện trường tĩnh trong khí quyển tại Phú Thụy, Phú Xuyên và Chương Mỹ ngày 22/3/2022, cơn dông bắt đầu từ 18 giờ 35 phút đến 20 giờ 00 phút, ta tìm được tập hợp các điểm phân bố trong không gian của đám mây điện tích.

3.2. KẾT QUẢ TÍNH TOÁN VỊ TRÍ Đám Mây ĐIỆN TÍCH

Dưới đây là kết quả tính toán vị trí đám mây điện tích, phương pháp tính và xử lý số liệu đầu vào được thực hiện bằng phần mềm Matlab.

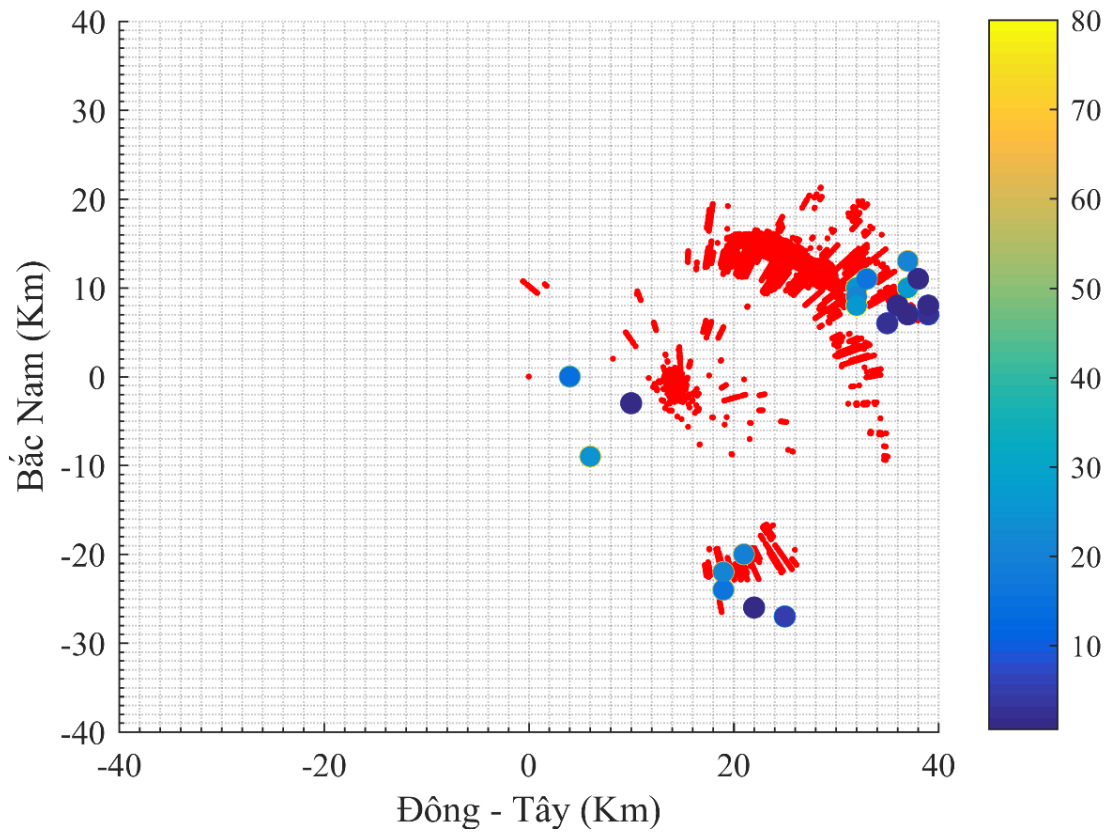
Gốc tọa độ (0, 0) đặt tại Viện Vật lý Địa cầu – (21.047 N, 105.800 E).



Hình 3.1. Đám mây điện tích và đám mây radar giai đoạn giữa cơn dông

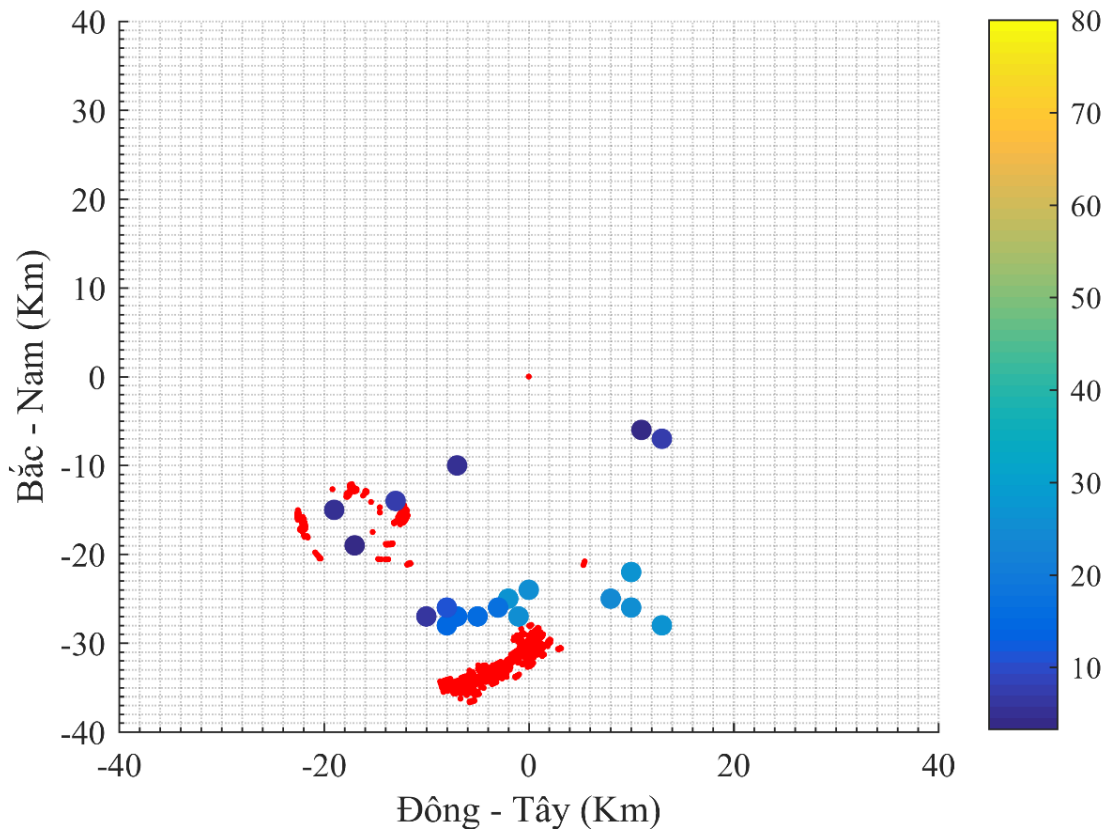
Trong Hình 3.1, màu đỏ thể hiện đám mây từ số liệu radar hiển thị những vùng có lượng mưa lớn hơn 2 mm/h, các chấm tương ứng thành màu hiển thị đám mây điện tích tính được, đơn vị điện tích tính theo Cu-lông.

Vị trí đám mây điện tích tính toán cũng có xu hướng lệch hướng đông so với thành phố Hà Nội, vị trí tập trung từ trung tâm sang hướng đông đến khoảng 30 km, có một khu vực tập trung dày đặc điện tích, có một số vị trí ngẫu nhiên phía nam và một đám mây điện tích nhỏ phía tây nam. Khu vực tập trung điện tích nằm hầu hết trong đám mây quan sát bằng radar.



Hình 3.2. Đám mây điện tích và đám mây radar giai đoạn đầu hình thành cơn dông

Ở giai đoạn bắt đầu hình thành cơn dông, đám mây điện tích cũng bắt đầu hình thành và có tổng lượng điện tích nhỏ. Sự phát triển của cơn dông ở pha đầu, các dòng thăng không khí tạo ma sát sinh ra điện tích, cơn dông dịch chuyển theo không gian, đám mây điện tích cũng dịch chuyển theo, khối điện tích ở khu vực có hoành độ 30-40 km dịch chuyển về hoành độ 15-25 km.



Hình 3.3. Đám mây điện tích và đám mây radar giai đoạn kết thúc cơn dông

Giai đoạn kết thúc cơn dông, điện tích bị tiêu tán bởi các dòng, đám mây điện tích còn lại có tổng lượng điện tích nhỏ. Trong hình, số liệu điện trường tĩnh trong khí quyển đo được bị ảnh hưởng bởi một đám mây ở xa khác đang di chuyển về khu vực thành phố Hà Nội từ tung độ -60 km và hoành độ -20 km.

So sánh tương quan giữa đám mây dông quan sát được bằng radar trong hình, thấy có sự tương đồng cao. Các điểm tập trung điện tích nằm trong khu vực đám mây gây mưa quan sát bằng radar.

Bảng 3.2. Chỉ số trùng lặp vị trí đám mây điện tích trong vùng đám mây gây mưa

Radar – Lượng mưa	>0 mm/h	>1 mm/h	>2 mm/h
Chỉ số	89.58%	88.43%	80.88%

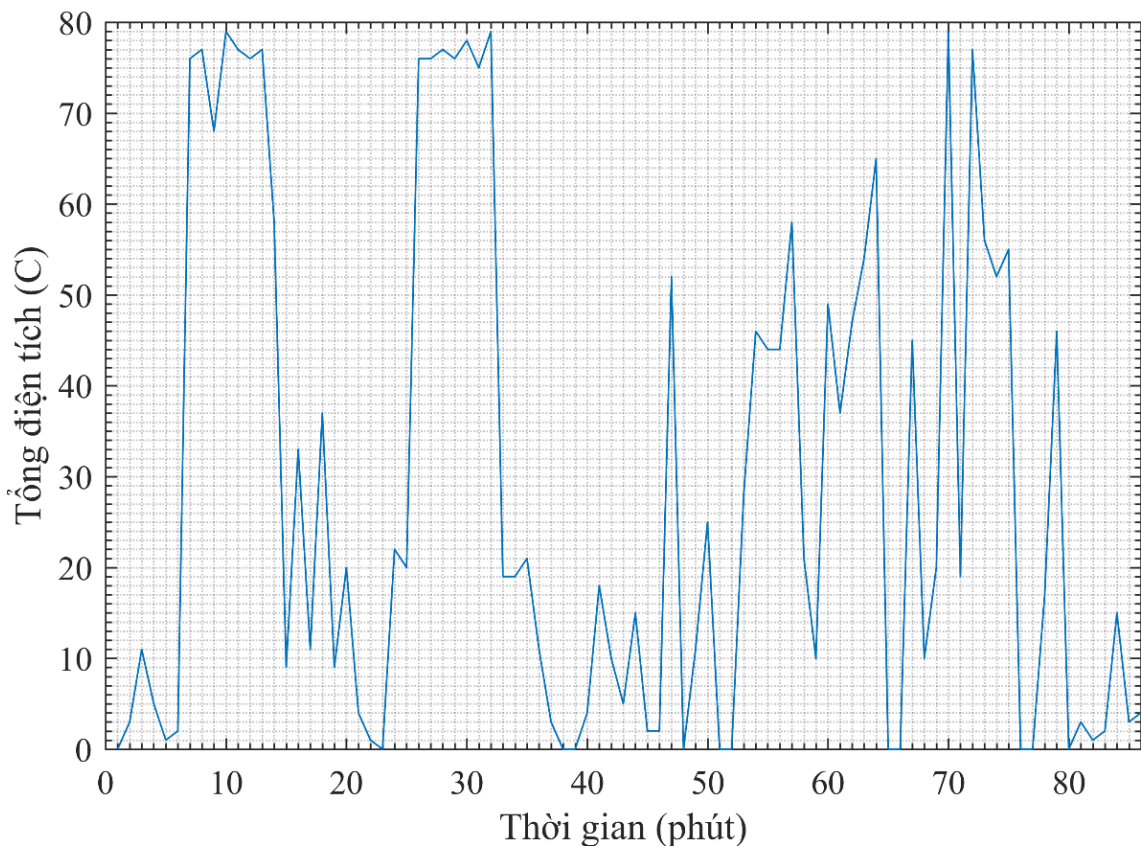
Chỉ số trùng lặp vị trí là chỉ số đám mây điện tích nằm trong vùng đám mây gây mưa quan sát bằng radar. Giá trị >0 mm/h có nghĩa là khu vực có mây gây mưa, ở đây ta xét giá trị >2 mm/h có chỉ số trùng lặp cao 80.88% cho thấy phương pháp tính toán ở Chương 2 có cơ sở thực tế. Các điểm điện

tích nằm ngoài vùng quan sát bằng radar cũng cho thấy sự phức tạp của các cơn dông, dẫn đến những vị trí sai lệch trong tính toán.

3.3. KẾT QUẢ TỔNG LƯỢNG ĐIỆN TÍCH VÀ ĐIỆN TRƯỜNG

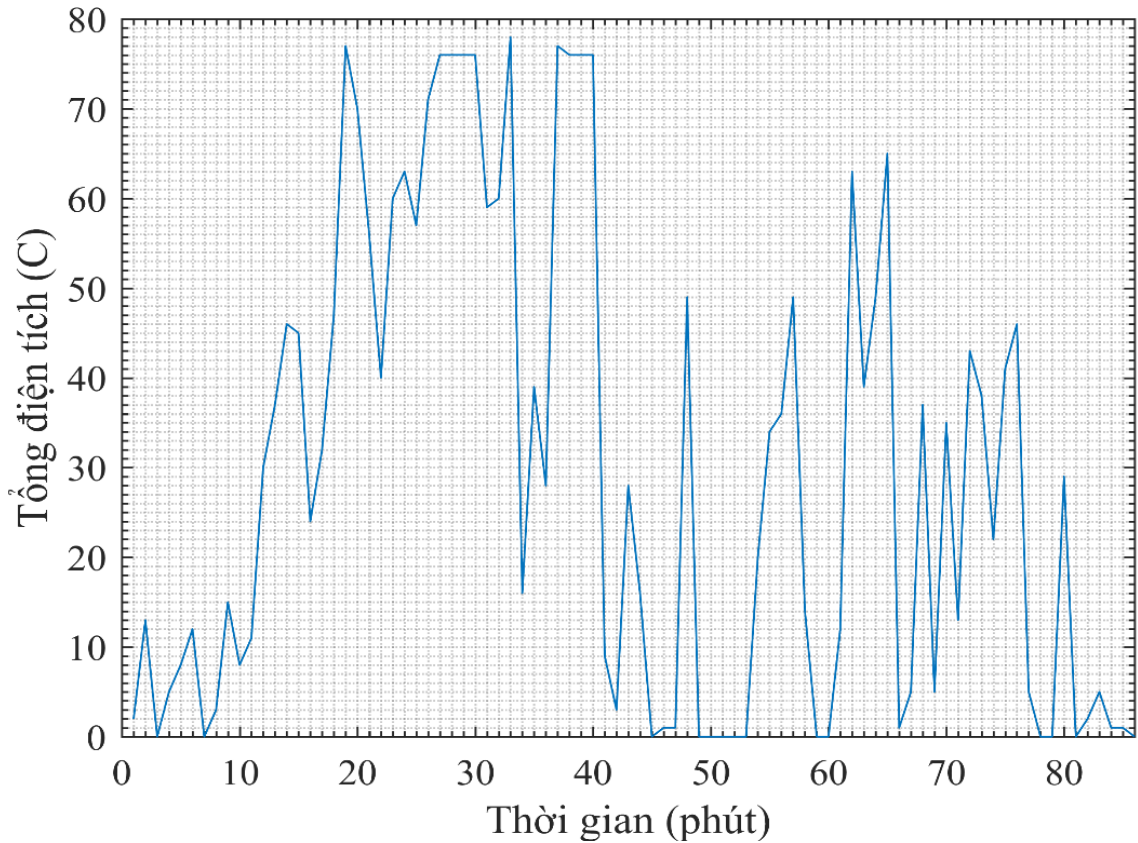
3.3.1. Tổng lượng điện tích

Dưới đây là kết quả tính toán tổng lượng điện tích theo thời gian, thời gian diễn ra cơn dông là 86 phút bắt đầu từ 18 giờ 35 phút đến khi kết thúc 20 giờ 00 phút.



Hình 3.4. Tổng điện tích đám mây theo thời gian theo mô hình lưỡng cực

Biến đổi tổng điện tích đám mây theo thời gian chia làm hai pha rõ rệt, từ đầu đến 35 phút sau khi hình thành, sau 35 phút đến khi kết thúc cơn dông. Từ đầu đến 35 phút sau khi hình thành, thời điểm này là quá trình phát triển mạnh của các dòng thăng không khí gây ma sát và điện tích đám mây tăng nhanh, đột biến gây mất điện tích trong giai đoạn này là do phương pháp tính toán theo mô hình lưỡng cực, nhưng ở phần trước ta đã chỉ ra sự chuyển pha của điện trường phương thăng đứng tại Phú Thụy từ mô hình lưỡng cực sang mô hình tam cực.

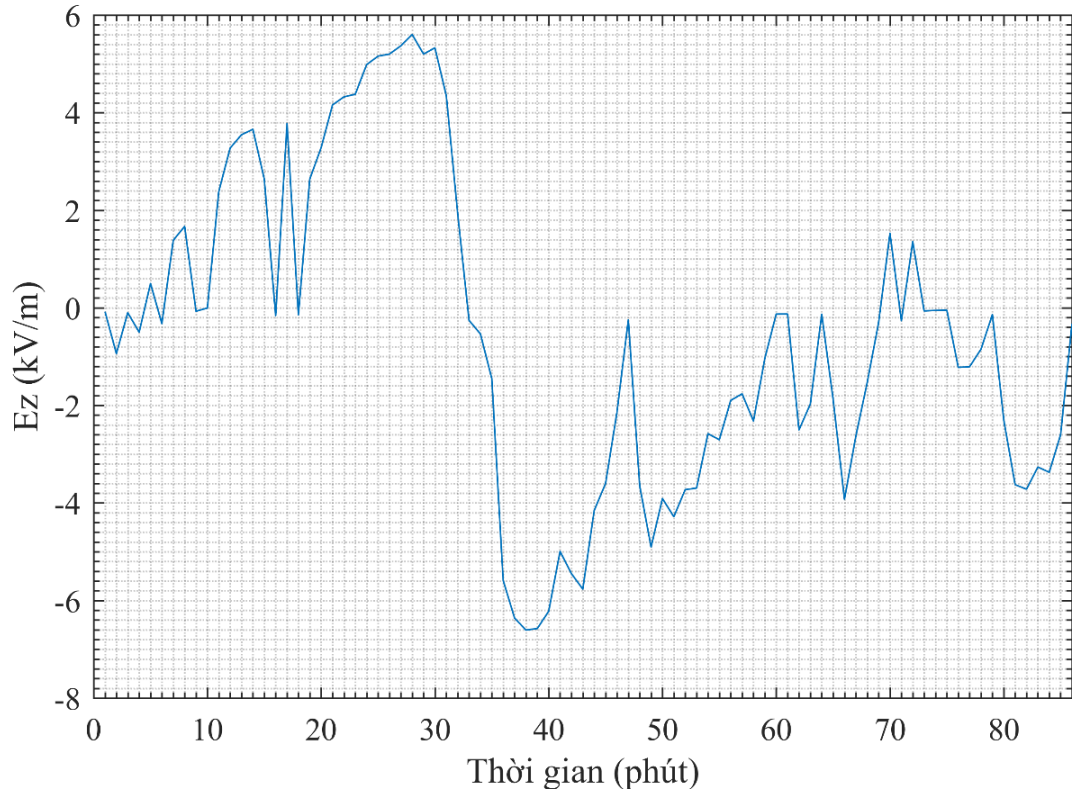


Hình 3.5. Tổng điện tích đám mây theo thời gian theo mô hình lưỡng cực

Pha sau của biến đổi tổng điện tích theo thời gian diễn biến phức tạp khi đám mây đông vào giai đoạn giữa và giai đoạn kết thúc, các quá trình trong giai đoạn này là liên tục tiêu tán điện tích ở dòng đã nói ở chương một và liên tục bổ sung từ ma sát dòng không khí và các dòng điện tích tiêu tán có xu hướng chiến thắng khi cơn dông kết thúc.

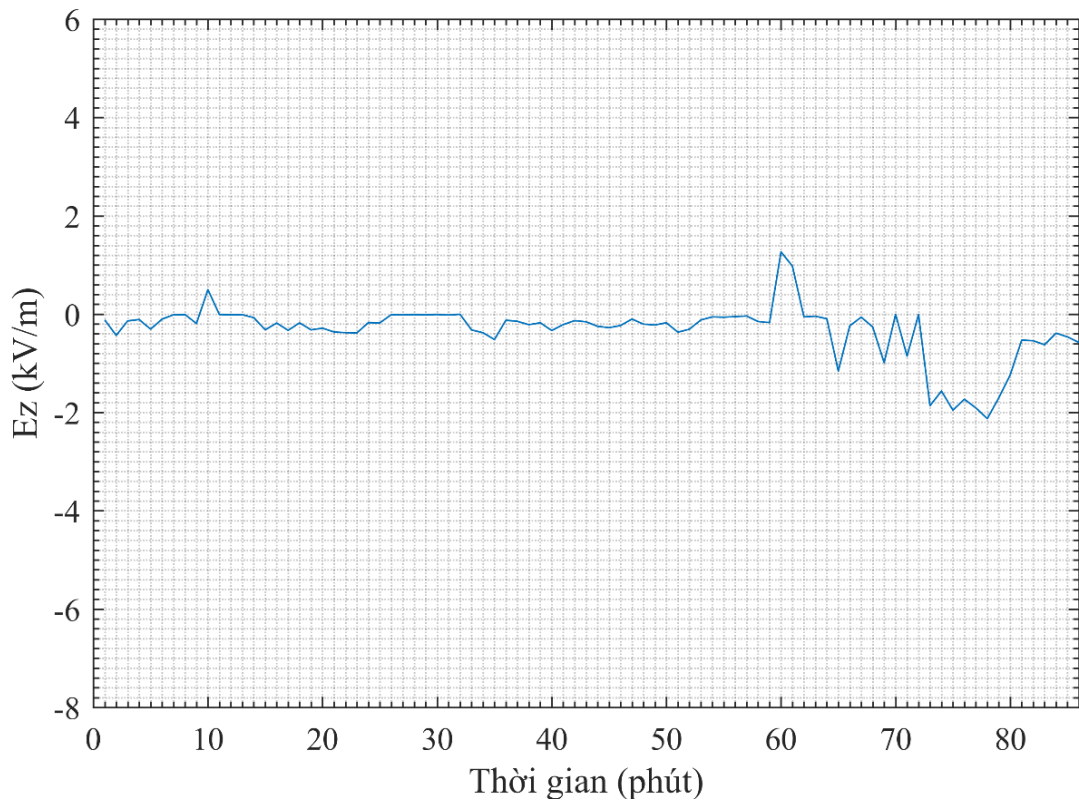
3.3.2. Điện trường mô phỏng

Dưới đây là phần xây dựng lại điện trường mô phỏng từ vị trí đám mây điện tích và tổng lượng điện tích theo thời gian.

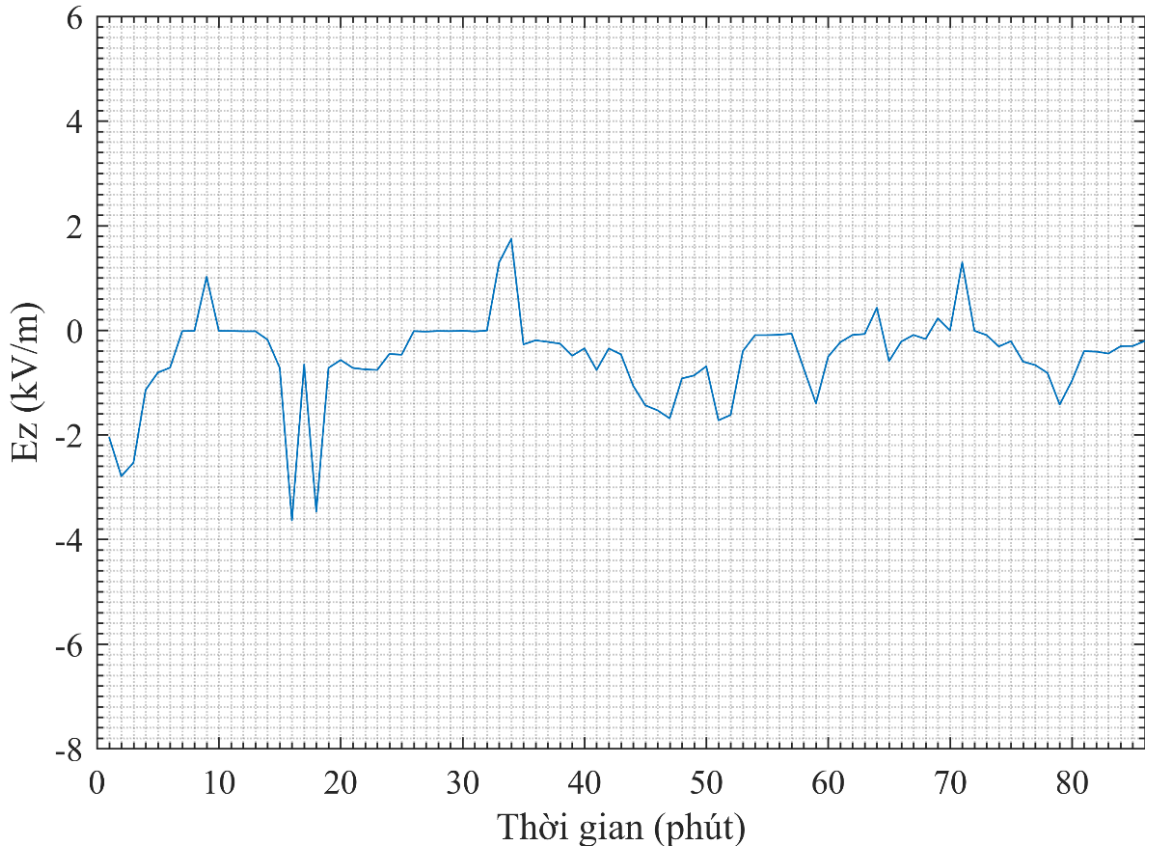


Hình 3.6. Điện trường tính toán tại Phú Thủy

Điện trường tính toán tại Phú Thủy gần như điện trường đo được thực tế, vị trí thiết bị đo cũng là thuận lợi, gần hoặc nằm trong đám mây dông.



Hình 3.7. Điện trường tính toán tại Phú Xuyên



Hình 3.8. Điện trường tính toán tại Chuong Mỹ

Điện trường tính toán tại Phú Xuyên và Chuong Mỹ khá giống với điện trường đo thực tế, sai lệch một phần nguyên nhân do vị trí thiết bị đo đặt ở khá xa rìa cơn dông.

Bảng 3.3. Hệ số tương quan giữa giá trị điện trường tính toán và giá trị điện trường đo được thực tế:

	Tại Phú Thụy	Tại Phú Xuyên	Tại Chuong Mỹ
Hệ số tương quan	0.9892	0.7554	0.8119

Hệ số tương quan các trạm giữa số liệu tính toán và số liệu thực tế >0.7 chỉ ra rằng số liệu tính toán phản ánh được thực tế. Trạm đo điện trường tại Phú Thụy nằm trong khu vực cơn mây dông, chỉ số tương quan khá cao, hai trạm Phú Xuyên và Chuong Mỹ nằm ở khá xa cơn mây dông, số liệu đo thực tế cũng có biên độ thấp hơn rõ rệt.

KẾT LUẬN

Trong luận văn tác giả đã thực hiện được các nội dung như sau:

1. Đã thực hiện được tổng quan về đặc điểm điện tích trong mây dông.
2. Đã xây dựng được thuật toán, chương trình tính toán mô phỏng điện trường trong mây dông thông qua mô phỏng số liệu điện trường.
3. Đã tiến hành mô phỏng và so sánh với số liệu thực tế sử dụng các trạm đo điện trường, chỉ ra được kết quả tính toán có cơ sở áp dụng trong thực tế.
4. Kết quả ban đầu cho thấy, phương pháp tính toán có thể sử dụng trong việc nâng cao chất lượng các thuật toán cảnh báo sét.

KIẾN NGHỊ

Kết quả của luận văn mới chỉ ra một góc nhìn sơ khởi của cấu trúc điện tích trong không gian ở các đám mây dông, về vị trí hai chiều và biến đổi theo thời gian điện tích. Cần sử dụng phương pháp đã được trình bày trong luận văn tính toán cho nhiều cơn dông ở nhiều khu vực khác nhau. Có thể tăng độ phân giải cấu trúc điện tích bằng cách tăng mật độ đặt các máy đo điện trường tĩnh trên mặt đất và có thể xây dựng được mô hình ba chiều của đám mây điện tích trong các cơn dông. Cần tối ưu thuật toán chương trình và cải thiện tốc độ tính toán nhằm mục đích quan sát đám mây điện tích theo thời gian thực

DANH MỤC TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Lacerda M., Rodriguez C.A.M., Junior H.L.M., Anselmo E.M., Neves J.R., Jaques R., Gomes E.F., Fritzen C. L., Rocamora W.D.P., K. L. Fernandes, Paro J.C., Fernandes W.A., 2012, A methodology to study charged cloud structure based on field mill networks by solving the inverse problem of coulomb's law, *GROUND'2012 & 5th LPE*.
2. Moacir L., Luana F., Oniel R.S., Andressa D., Clovis L.F., Waldeir M.D., Robson J.V., 2016, First analysis of electric field mill network measurements from 2013 to 2015, *GROUND'2016 & 7 th LPE*.
3. Heinselman P.L., Macgorman D.R., 2011, Lightning Activity in a Hail-Producing Storm Observed with Phased-Array Radar, *Monthly Weather Review*, 139, pp. 1809-1825.
4. Soula S., 2012, Electrical Environment in a Storm Cloud, *J. Aerospace Lab*, 5, pp. 1-10.
5. Jacobson E.A., Krider E.P., 1976, Electrostatic field changes produced by Florida lightning, *J. Atmos. Sci.*, 33, pp. 103-117.
6. Krebiel P.R., 1979, An analysis of the charge structure of lightning discharges to ground, *J. Geophys. Res.*, 84, pp. 2432-2456.
7. Krider E.P., 1989, Electric field changes and cloud electrical structure, *J. Geophys. Res.*, 94, pp. 13145-13149.
8. Koshak W.J., Krider E.P., 1989, Analysis of lightning field changes during active Florida thunderstorms, *J. Geophys. Res.*, 94, pp. 1165-1186.
9. Qie X. et al, 2000, An analysis of the charge structure of lightning discharges to ground, *Ann. Geophysicae*, 18, pp. 1340-1348.
10. Qie X. et al, 2009, Charge source of cloud-to-ground lightning and charge structure of a typical thunderstorm in the Chinese inland Plateau (close to Tibet), *Atmospheric Research*, 91, pp. 244–249.
11. Shao X.M., Krebiel P.R., 1996, The Spatial and Temporal Development of Intracloud Lightning, *J. Geophys. Res.*, 101, 26641-26668.

12. Nguyễn Xuân Anh, Lê Việt Huy, Hoàng Hải Sơn, 2010, Về một số kết quả nghiên cứu dông sét và phòng chống sét gần đây ở Viện Vật lý Địa cầu, *Tuyển tập báo cáo Hội nghị Khoa học Kỷ niệm 35 năm Viện Khoa học và Công nghệ Việt Nam 1975-2010*, Tiểu ban Khoa học Trái đất, tr. 295-299.
13. Nguyễn Xuân Anh, Lê Việt Huy, Hoàng Hải Sơn, 2008, Nghiên cứu hoạt động dông sét và giải pháp phòng chống sét ở Việt Nam, *Tuyển tập Các công trình nghiên cứu Vật lý Địa cầu 2008*, tr. 289-306.
14. Nguyễn Xuân Anh, Lê Việt Huy, Hoàng Hải Sơn, 2007, Một số kết quả nghiên cứu hoạt động dông sét qua mạng trạm định vị sét ở Việt Nam, *Tuyển tập báo cáo Hội nghị Khoa học kỹ thuật Địa Vật lý lần thứ 5*, tr. 11-20.
15. Macgorman D.R., Rust W.D., 1998, The electrical of Storms, *Oxford University Press*, pp. 23-29.
16. Coulomb C.A., 1795, *Mem. De l'Acad. Paris*, 616.
17. Gish O.H., 1944, Evaluation and interpretation of the columnar resistance of the atmosphere, *Terr. Magn. Atmos. Elec.*, 49, pp. 159-168.
18. Torreson O.W., Gish O.H., Parkinson W.C., Wait G.R., 1946, *Scientific results of Cruise VII of the Carnegie during 1928-1929 under command of Captain J.P. Ault*, Carnegie Inst. of Wash. Pub. 568, Washington, D.C.
19. Crozier W.D., 1965, Atmospheric electrical profiles below three meters, *J. Geophys. Res.*, 70, pp. 2785-2792.
20. Wilson C.T.R., 1916, On some determinations of the sign and magnitude of electric discharges in lightning flashes, *Proc. Roy. Soc. Lond.*, 92, pp. 555-574.
21. Wilson C.T.R., 1920, Investigations on lightning discharges and on the electric field of thunderstorms, *Phil. Trans. Roy. Soc. Lond.*, 221, pp. 73-115.

22. Wilson C.T.R., 1929, Some thundercloud problems, *J. Franklin Inst.*, 208, pp. 1-12.
23. Simpson G.C., Scrase F.J., 1937, The distribution of electricity in thunderclouds, *Proc. Roy. Soc. Lond.*, 161, pp. 309-352.
24. Moore C.B., Vonnegut B., 1977, Physics of Lightning, R.H. Golde, eds., Academic Press, pp. 64-98.
25. Krehbiel P.R., 1986, *The Earth's Electrical Environment*, National Acad. Press, Washington, D.C., pp. 90-113.
26. Stromberg I.M., 1971, Point discharge current measurements in a plantation of spruce trees using a new pulse technique, *J. Atmos. Terres. Phys.*, 33, pp. 485-495.
27. Livingston J.M., Krider E.P., 1978, Electric fields produced by Florida thunderstorms, *J. Geophys. Res.*, 83, pp. 385-401.
28. Krehbiel P.R., 1981, *An analysis of the electric field change produced by lightning*, U. Manchester Inst. Sci. & Tech. Published as Rpt. T-11, 245.
29. Krider E.P., Musser J.A., 1982, Maxwell currents underthunderstorms, *J. Geophys. Res.*, 87.
30. Ferro M.A.D.S., Yamasaki J., Pimentel D.R.D.M., Naccarato K.P., Saba M.M.F., 2011, Lightning risk warnings based on atmospheric electric field measurements in Brazil, *J. Aerosp. Technol. Manag.*, 3, pp. 301-310.
31. Kohn M., Galanti E., Price C., Lagouvardos K., Kotroni V., 2011, Nowcasting thunderstorms in the Mediterranean region using lightning data, *Atmos. Res.*, 100, pp. 489-502.
32. Srivastava A., Mishra M., Kumar M., 2015, Lightning alarm system using stochastic modelling, *Nat Hazards*, 75, 1-11
33. Junchi Z., Qingfeng Z., Shah A.B., Xue J., Ye Z., 2015, A Lightning Warning Algorithm Using a EFMs Network and LPS. Pakistan, *J. Meteorol*, 12, pp. 49-55.

34. Holle R.L., Nicholas D.W.S., Nag A., 2016, Objective Airport Warnings over Small Areas Using NLDN Cloud and Cloud-to-Ground Lightning Data, *Weather Forecasting*, 31, pp. 1061-1069.
35. Lãnh Bảo Trung, Hoàng Minh Toán, Nguyễn Bình Phong, 2018, Nghiên cứu sử dụng số liệu định vị sét kết hợp với ảnh radar để cảnh báo đợt mưa lớn từ 01-06/8/2017 trên khu vực Tây Bắc, *Tạp chí Khí tượng Thủy văn*, 685, tr. 48-54.
36. Zeng Q., Wang Z., Guo F., Feng M., Zhou S., Wang H., Xu D., 2013, The application of lightning forecasting based on surface electrostatic field observations and radar data, *J. Electrostat.*, 71, pp. 6-13.
37. Hoàng Hải Sơn, Nguyễn Xuân Anh, Phạm Xuân Thành, Nguyễn Văn Hiệp, 2020, Nghiên cứu cảnh báo sét bằng nguồn số liệu tổng hợp, thử nghiệm cho khu vực Gia Lâm, Thành phố Hà Nội, *Tạp chí Khí tượng Thủy văn*, 720, 32-48.