

PHÂN TÍCH MỨC ĐỘ CHỊU SÉT ĐƯỜNG DÂY TRUYỀN TẢI 220 KV KHI LẮP DÂY NỐI ĐẤT NGẪU HỢP

● NGUYỄN TRUNG THOẠI

TÓM TẮT:

Bài báo sử dụng phần mềm PSCAD xây dựng mô hình mô phỏng quá độ điện từ sét đánh đường dây truyền tải 220kV đối với 2 trường hợp: đường dây truyền tải chỉ có 2 dây chống sét (DCS) và đường dây truyền tải có 2 DCS lắp thêm một dây nối đất ngẫu hợp (DNĐNH) nhằm cải thiện tính năng chịu sét. Sau đó tiến hành mô phỏng, tính toán và phân tích tính năng chịu sét khi sét đánh đỉnh trụ cho 2 trường hợp nêu trên. Kết quả cho thấy, đối với đường dây truyền tải sau khi lắp thêm DNĐNH đã làm tăng tác dụng ngẫu hợp và tác dụng phân dòng, nâng cao tính năng chịu sét đường dây. Ngoài ra, khi thay đổi độ cao treo DNĐNH cũng ảnh hưởng đáng kể đến mức độ chịu sét của đường dây.

Từ khóa: mức độ chịu sét, dây chống sét, dây nối đất ngẫu hợp, hệ số ngẫu hợp, hệ số phân dòng.

1. Đặt vấn đề

Việt Nam nằm ở tâm đông sét của châu Á, do đó xác suất đường dây truyền tải điện bị sét đánh rất cao, sự cố sét hại gây ra ngắt mạch đường dây, dẫn đến gián đoạn cung cấp điện hệ thống. Để đảm bảo cung cấp điện được liên tục, hạn chế tối đa cắt điện do sét đánh, việc nghiên cứu các biện pháp phòng sét nhằm nâng cao mức độ chịu sét của đường dây truyền tải có ý nghĩa rất lớn trong việc vận hành ổn định hệ thống. Hiện nay, đa số đường dây truyền tải điện cao áp ở Việt Nam được bảo vệ bằng DCS, còn việc lắp thêm dây nối đất phía dưới các dây pha (được gọi là dây nối đất ngẫu hợp - DNĐNH) để nâng cao tính năng chịu sét của đường dây chưa được quan tâm nhiều[1-3]. Xuất phát từ các vấn đề trên, về mặt kỹ thuật, bài báo phân tích tính năng chịu sét đường dây truyền tải 220kV sau khi lắp thêm DNĐNH nhằm đánh giá hiệu quả của việc sử dụng DNĐNH trong việc phòng sét.

2. Nội dung nghiên cứu

2.1. Đường dây truyền tải có 2 DCS bảo vệ và 1 DNĐNH

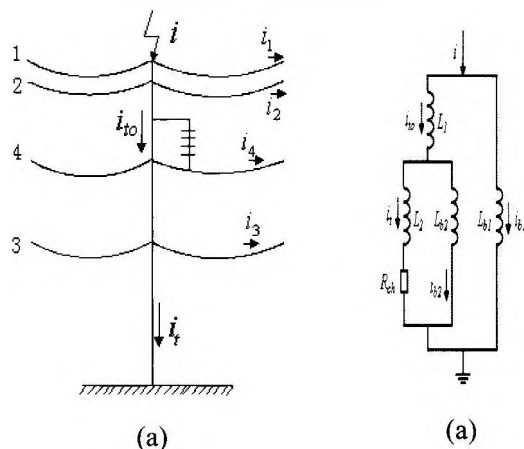
DNĐNH là dây nối đất được mắc trên thân cột, phía dưới các dây pha, trong Hình 1a dây số (3) được gọi là DNĐNH.

Trong Hình 1a: i là dòng điện sét; i_1, i_2 dòng điện chạy qua hai DCS; i_3 dòng điện chạy qua DNĐNH;

i_4 dòng điện chạy qua dây dẫn; i_0 dòng điện chạy từ đỉnh cột xuống điểm treo DNĐNH; it dòng điện chạy từ điểm treo DNĐNH xuống đất.

Trong Hình 1b: L_1, L_2 lần lượt là điện cảm tương đương của cột tính từ đỉnh cột xuống điểm treo DNĐNH và từ điểm treo DNĐNH xuống chân cột; L_{b1}, L_{b2} lần lượt là điện cảm tương đương của DCS và DNĐNH; R_{ch} điện trở nối đất của cột. Từ hình vẽ cho thấy, khi dòng điện sét i đánh vào đỉnh cột, một phần dòng điện i_{b1} đi vào DCS, một phần dòng điện i_{b2} đi vào DNĐNH, phần còn lại dòng điện it đi vào đất.

Hình 1. Sơ đồ mạch điện tương đương khi đường dây truyền lắp đặt hai DCS và một DNĐNH



2.1.1. Hệ số phân dòng

Do tác dụng phân dòng của DCS và DNĐNH, nên ta có:

$$i_{t0} = \beta i; i_t = \beta' i_{t0} = \beta' \beta i \quad (1)$$

Trong đó: β là hệ số phân dòng của cột tính từ điểm treo DCS tới điểm treo DNĐNH, β' là hệ số phân dòng của cột tính từ điểm treo DNĐNH xuống đất, $\beta < 1, \beta' < 1$.

Điện thế đỉnh cột:

$$u_{dt} = L_1 \frac{di_{t0}}{dt} + L_2 \frac{di_t}{dt} + R_{ch} i_t = L_{b1} \frac{di_{b1}}{dt} = L_{b1} \left(\frac{di}{dt} - \frac{di_{t0}}{dt} \right) \quad (2)$$

Trong tính toán [2-6] độ dốc của dòng sét được

chọn: $\alpha = \frac{di}{dt} = \frac{i}{\tau} \left(\frac{kA}{\mu s} \right) \quad (3)$

τ đầu sóng dòng điện sét $\tau = 2.6(\mu s)$

Từ Hình 1b ta có:

$$L_2 \frac{di_t}{dt} + R_{ch} i_t = L_{b2} \frac{di_{b2}}{dt} = L_{b2} \left(\frac{di_{t0}}{dt} - \frac{di_t}{dt} \right) \quad (4)$$

Thay (1), (3) vào (4):

$$\beta' = \frac{1}{1 + \frac{L_2 + R_{ch}\tau}{L_{b2} + L_{b2}^2}} \quad (5)$$

Vì β' là hằng số, $t = \tau/2$ (t là giá trị trung bình từ 0 đến τ) do đó:

$$\beta' = \frac{1}{1 + \frac{L_2 + R_{ch}\tau}{L_{b2} + L_{b2}^2}} \quad (6)$$

Tương tự thay (1), (3) vào (2):

$$\beta = \frac{1}{1 + \frac{L_1 + \beta' L_2 + \beta' R_{ch}\tau}{L_{b1} + L_{b1}^2}} \quad (7)$$

Trong trường hợp không có DCS và không có DNĐNH ($L_{b1} = \infty$ và $L_{b2} = \infty$), $\Rightarrow \beta = 1$ lúc này toàn bộ dòng điện sét sẽ đi qua cột, tính năng chịu sét đường dây là thấp nhất.

2.1.2. Hệ số ngẫu hợp

Dưới tác dụng sóng trở kháng tương hỗ của các đường dây mắc song gần nhau, quan hệ dòng điện và điện áp theo phương trình tính điện Maxwell:

$$\begin{cases} u_1 = i_1 Z_1 + i_2 Z_{12} + i_3 Z_{13} + i_4 Z_{14} \\ u_2 = i_1 Z_{12} + i_2 Z_2 + i_3 Z_{23} + i_4 Z_{24} \\ u_3 = i_1 Z_{13} + i_2 Z_{23} + i_3 Z_3 + i_4 Z_{34} \\ u_4 = i_1 Z_{14} + i_2 Z_{24} + i_3 Z_{34} + i_4 Z_4 \end{cases} \quad (8)$$

Trong đó: Z_{11}, Z_{22} lần lượt là sóng trở kháng riêng của DCS1, DCS2; Z_{33} sóng trở kháng riêng của DNĐNH3; Z_{13}, Z_{23} sóng trở kháng tương hỗ giữa DCS và DNĐNH; Z_{14}, Z_{24} sóng trở kháng tương hỗ giữa DCS và dây dẫn; Z_{34} sóng trở kháng tương hỗ giữa DNĐNH và dây dẫn. Sóng trở kháng Z_{kk} và Z_{kn} được tính theo công thức (9) và (10)

$$Z_{kk} = 60 \ln \frac{2h_k}{r_k} \quad (9) \quad Z_{kn} = 60 \ln \frac{D_{kn}}{d_{in}} \quad (10)$$

Trong đó: h_k độ cao bình quân của dây dẫn thứ k , r_k bán kính dây dẫn thứ k , d_{kn} là khoảng cách giữa dây dẫn thứ k và dây dẫn thứ n , D_{kn} là khoảng cách giữa ảnh dây dẫn thứ k và dây dẫn thứ n .

Khi sét đánh vào DCS và DNĐNH, điện thế trên các dây sẽ là $u_1 = u_2 = u_3 = u$, dây dẫn 4 cách điện đối với đất $i_4 = 0$, k_0 là hệ số ngẫu hợp hình học của DCS và DNĐNH đối với dây dẫn, căn cứ theo quy tắc Cramer suy ra được công thức (11)

$$k_0 = k_{1,2,3,4} = \frac{U_4}{U} = (-1)^{3+1} \begin{vmatrix} 1 & Z_{11} & Z_{12} & Z_{13} \\ 1 & Z_{12} & Z_{22} & Z_{23} \\ 1 & Z_{13} & Z_{23} & Z_{33} \\ 0 & Z_{14} & Z_{24} & Z_{34} \end{vmatrix} \quad (11)$$

2.2. Phân tích bài toán thực tế

Bài báo tính toán đường dây truyền tải 220kV mạch đơn hai nguồn cung cấp làm ví dụ, độ dài toàn tuyến 41,8km, bao gồm 156# cột, bảo vệ chống sét cho đường dây dùng hai DCS, trong đó xét đoạn đường dây qua núi khoảng cột 75#-82#, độ dài 1.839km, thường xảy ra sự cố sét đánh (ngoài hai DCS tác giả đưa ra giải pháp lắp thêm DNĐNH nhằm nâng cao tính năng chịu sét của đường dây), tham số tính toán như Bảng 1, mật độ điện cảm của trụ 0,5 ($\mu H/m$); điện trở nối đất 10 Ω ; dây dẫn loại LHAGJ-400/50; DCS và DNĐNH loại GJ50, có mật độ điện cảm 0,42 ($\mu H/m$), góc bảo vệ DCS 20 $^\circ$, chuỗi cách điện 13xX-7, độ võng treo dây pha, DCS và DNĐNH là 3(m) Bảng 1.

3. Phân tích mô phỏng mức độ chịu sét sau khi lắp thêm DNĐNH

3.1. Phân tích mô phỏng

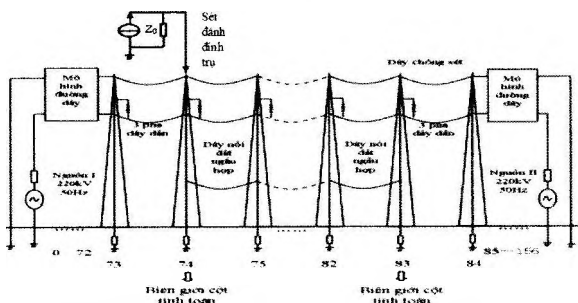
Căn cứ vào phân tích và đặc điểm đoạn đường dây nói trên vẽ được sơ đồ mô phỏng như (Hình 2).

Bảng 1. Tham số của đường dây và trụ

| Số thứ tự cột | Loại cột | Khoảng vượt (m) | Độ cao treo dây (m) | Độ cao cột (m) |
|---------------|----------|-----------------|---------------------|----------------|
| 74# | JBF2331 | 153 | 24 | 31.20 |
| 75# | LuYJ10 | | 12 | 21.27 |
| 76# | LuYJ8 | 164 | 16 | 25.44 |
| 77# | LuZ7 | 211 | 25 | 35.00 |
| 78# | LuYJ8 | 148 | 12 | 20.09 |
| | | 276 | | |

| Số thứ tự cột | Loại cột | Khoảng vượt (m) | Độ cao treo dây (m) | Độ cao cột (m) |
|---------------|----------|-----------------|---------------------|----------------|
| 79# | LuZ7 | 42 | 25 | 36.84 |
| 80# | YJ42 | | 16 | 25.60 |
| 81# | LuYJ8 | 227 | 12 | 20.09 |
| 82# | YJ42 | 345 | 12 | 20.22 |
| | | 150 | | |
| 83# | JBF2331 | 276 | 13 | 17.27 |
| | | | | |

Hình 2: Sơ đồ mô phỏng khi lắp thêm DNDNH



3.1.1. Mô hình mô phỏng dòng điện sét

Trong bài báo việc lập mô hình mô phỏng dòng điện sét được áp dụng theo công thức (12) và hai chỉ số dòng điện sét được chọn là 2.6/50 μ s [2-6].

$$I = I_0 (e^{-\alpha t} - e^{-\beta t}) \tag{12}$$

Trong đó: I_0 biên độ dòng điện sét; α, β là hai hệ số.

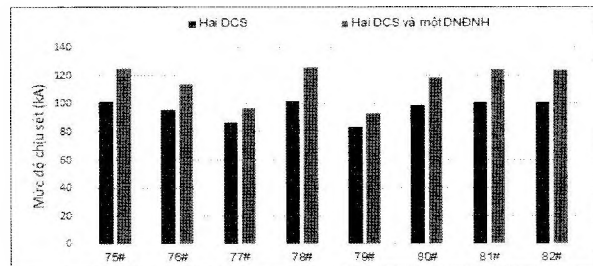
3.1.2. Mô hình mô phỏng đường dây

Mô hình mô phỏng đường dây áp dụng mô hình tham số biến tần. Do độ cao của các trụ khảo sát không giống nhau nên trong tính toán độ cao trung bình của các trụ được tính theo công thức (13) [2-6]:

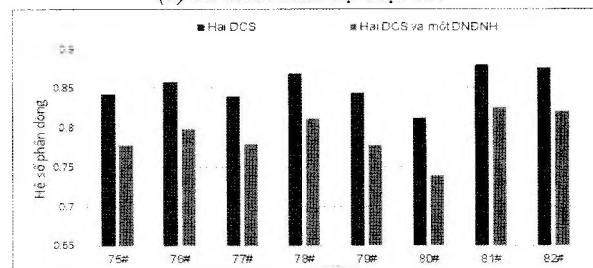
$$h_{tb} = (\sum_i h_i d_i / \sum_i d_i) - L \tag{13}$$

Trong đó: h_{tb} độ cao trung bình của trụ; h_i độ cao trụ thứ i ; d_i khoảng cách thứ i giữa hai trụ; L là chiều dài chuỗi cách điện và phụ kiện.

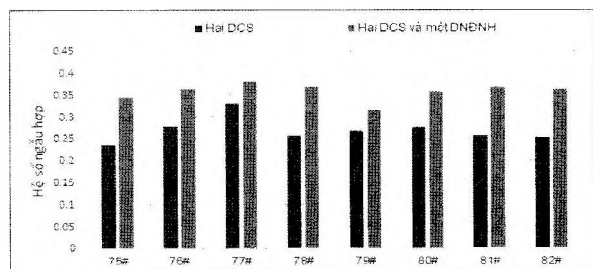
Hình 3: So sánh mức độ chịu sét, hệ số phân dòng, hệ số ngẫu hợp khi sét đánh đỉnh trụ trong 2 trường hợp có treo DNDNH và không treo DNDNH



(a) So sánh mức độ chịu sét

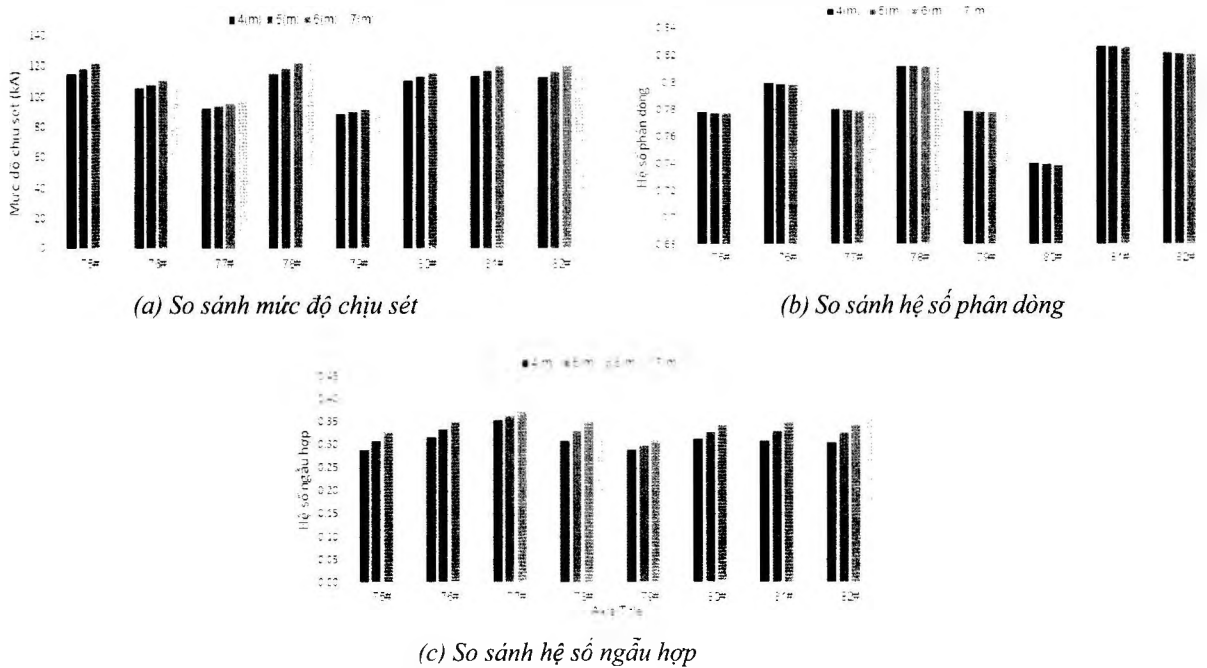


(b) So sánh hệ số phân dòng



(c) So sánh hệ số ngẫu hợp

Hình 4: So sánh hệ số phân dòng, hệ số ngẫu hợp, mức độ chịu sét khi thay đổi độ cao treo DNĐNH lần lượt 7(m), 6(m), 5(m), 4(m)



3.1.3. Mô hình mô phỏng trụ điện
 Độ cao của các trụ trong đoạn đường dây khảo sát không vượt quá 30m, do đó trong tính toán (đặc biệt là tính toán phòng sét) thông thường áp dụng mô hình tham số điện cảm tập trung để mô phỏng trụ điện, điện cảm tương đương trên mỗi đơn vị chiều dài của trụ là 0.5(μH/m).

3.1.4. Mô hình mô phỏng cách điện
 Việc mô phỏng đóng ngắt cách điện được thực hiện thông qua việc khống chế điện áp, phán đoán phòng điện cách điện dựa vào phương pháp giao nhau, trong đó đường đặc tính điện áp phóng điện được xác định bởi công thức (14)^[2-6]:

$$u = 1350.0 + 598.0e^{-u/4.0} + 2256.0 \cdot t^{1.02} \quad (14)$$

3.2. Phân tích mức độ chịu sét khi sét đánh đỉnh trụ

Lập mô hình mô phỏng trạng thái quá độ điện từ sét đánh đỉnh trụ trong hai trường hợp: đường dây truyền tải không lắp thêm DNĐNH; đường dây truyền tải có lắp thêm một DNĐNH từ khoảng trụ 74#~83#. Từ Hình 3, có thể thấy, khi lắp thêm DNĐNH, hệ số β giảm trung bình 7,8% (từ 0.8527 xuống 0.7910), hệ số k tăng trung bình 31,48% (từ 0.2396 lên 0.3151), mức độ chịu sét đường dây tăng trung bình 19,87% (từ 96.0931kA lên 115.1878kA). Nguyên nhân dẫn đến sự thay đổi trên là trong trường hợp có treo DNĐNH, khi sét đánh đỉnh trụ

dòng điện sét qua trụ giảm, dẫn đến điện thế đỉnh trụ giảm, hiệu điện thế hai đầu chuỗi cách điện của ĐDK cũng giảm, tác dụng ngẫu hợp điện từ tăng, từ đó nâng cao tính năng chịu sét của đường dây.

3.3. Phân tích mức độ chịu sét khi thay đổi độ cao treo DNĐNH

Ở đây xét thay đổi độ cao treo DNĐNH lần lượt 7(m), 6(m), 5(m), 4(m). Kết quả tính toán thể hiện như Hình 4.

Từ Hình 4 cho thấy, khi độ cao treo DNĐNH thay đổi, hệ số phân dòng β, hệ số ngẫu hợp k và mức độ chịu sét cũng thay đổi theo. Nếu so sánh giữa hai trường hợp độ cao treo dây 4(m) và độ cao treo dây 7(m), hệ số β giảm trung bình 0,19% (từ 0.7926 xuống 0.7910), hệ số k tăng trung bình 15,02% (từ 0.3114 lên 0.3582), mức độ chịu sét đường dây tăng trung bình 7,71% (từ 106.9383kA lên 115.1878kA).

4. Kết luận

Đối với đường dây truyền tải đi qua khu vực có điện trở suất cao, khó giảm điện trở nối đất (như khu vực miền núi), sau khi mắc thêm DNĐNH, kết quả tính toán cho thấy tính năng chịu sét của đường dây được nâng cao so với trường hợp chỉ treo hai DCS. Cụ thể, nâng cao hệ số ngẫu hợp, tăng hiệu quả phân dòng dẫn đến quá điện áp cảm ứng và điện áp trên chuỗi cách điện giảm, từ đó nâng cao được tính năng chịu sét đường dây.

- Độ cao treo DNĐNH có ảnh hưởng đến tính năng chịu sét của đường dây, ở mức độ nhất định khi nâng cao điểm treo DNĐNH thì tính năng chịu sét cũng được nâng lên. Do vậy, trong thực tế khi tính toán, thiết kế tùy từng trường hợp cụ thể mà chọn độ cao treo dây thích hợp để vừa đảm bảo quy phạm về khoảng cách đường dây truyền tải vừa đảm bảo tối ưu tính năng chịu sét■

TÀI LIỆU THAM KHẢO:

1. Bộ Công Thương (2020). *Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về an toàn điện*, QCVN 01: 2020/BCT.
2. Trần Văn Tóp (2007). *Kỹ thuật điện cao áp quá điện áp và bảo vệ chống quá điện áp*. NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
3. Nguyễn Trung Thoại, Nguyễn Đức Minh, Phan Xuân Lễ (2012). *Nghiên cứu mức độ chịu sét đường dây truyền tải 500kV mạch kép cùng trụ*. Hội nghị Khoa học quốc tế Năng lượng và phát triển xanh, ISBN: 978-604-913-094-6(168-176).
4. Wang Wei, Tu Youping (2011). *Kỹ thuật cao áp*. Nhà xuất bản Công nghiệp cơ khí, Bắc Kinh.
5. IEEE. (1997). *IEEE guide for improving the lightning performance of transmission lines*. New York : Institute of Electrical and Electronics Engineers.
6. Pritindra Chowdhuri, Fellow. (2001). *Parameters of lightning strokes and their effects on power systems*. IEEE, 0-7803-7285-9/01 (2001)1047.

Ngày nhận bài: 29/4/2021
Ngày phản biện đánh giá và sửa chữa: 20/5/2021
Ngày chấp nhận đăng bài: 7/6/2021

Thông tin tác giả:
TS. NGUYỄN TRUNG THOẠI
Trường Cao đẳng Công Thương miền Trung

**ANALYSIS OF LIGHTNING WITHSTAND LEVELS
 FOR 220KV TRANSMISSION LINES WHEN INSTALLING
 COUPLING GROUND WIRE**

● **PhD. NGUYEN TRUNG THOAI**
 Mien Trung Industry and Trade College

ABSTRACT:

This study used the PSCAD software to build a simulation model of the lightning electromagnetic transient for 220kV transmission line in two cases: (1) the transmission line only has double lightning shielding wire (DCS) and (2) the transmission line has double lightning shielding wires and installing a coupling ground wire to improve lightning withstand performance. The simulation model was used to simulate, calculate and analyze lightning withstand performance when lightning strikes the top of the tower for the two above-mentioned cases. The results show that, for transmission line after installing a coupling ground wire, the coupling ground wire increased effect of the coupling and effect of the division, improving the transmission line’s lightning withstand performance. In addition, when the height of the coupling ground wire is changed, it also considerably influences the lightning withstand level of the transmission line.

Keywords: lightning withstand level, lightning shielding wire, coupling ground wire, coupling coefficient, division coefficient.