配電線直撃雷に対する避雷器処理エネルギーの検討 - 雷撃位置および避雷器施設位置の影響 -

正員 中田 一夫 (電力中研)

正員 浅川 聡 (電力中研)

非会員 横田 勤 (電力中研)

正員 谷口 弘光 (北陸電力)

正員 横山 茂 (電力中研)

正員 橋本 晃 (北陸電力)

Energy Duty of Surge Arresters on Power Distribution Lines due to Direct Lightning Hits
- Effect of Installation Position of Surge Arresters -

Kazuo Nakada, Member, Tsutomu Yokota, Shigeru Yokoyama, Member, Akira Asakawa, Member (CRIEPI)
Hiromitsu Taniguchi, Member, Akira Hashimoto, Member (Hokuriku Electric Power Co.)

Surge arresters and overhead ground wires are used to protect equipment and insulation on overhead power distribution lines against lightning. In recent years, surge arresters have been installed on power distribution lines in high density, and number of outages caused by flashover at an insulator has been gradually decreasing. However, failures of surge arresters caused by a large amount of energy more than their withstand capabilities due to lightning still occur.

In this paper, the difference between the energy absorbed by a surge arrester installed at the open-termination of a line and that installed in the midst of a line are studied using the EMTP. In the case of direct lightning hits to an overhead ground wire, the absorption energy of surge arresters installed at the open-termination of a line is about 1.1 ~ 2.3 times larger than that installed in the midst of a line.

キーワード：配電線，直撃雷，避雷器，避雷器処理エネルギー，線路末端

1. まえがき

高圧架空配電線（以下，配電線と略記）での雷害対策は従来は誘導雷が主な対象であり，避雷器，架空地線を中心としてなされてきた。現在では，酸化亜鉛からなる避雷素子を内蔵する装置等の施設による雷害対策の高度化に伴い，対策の対象が直撃雷に及んでいる。配電線の直撃雷対策については，実規模の雷撃実験やEMTPを用いた解析などによる検討が行われ，架空地線の接地間隔や避雷器の施設間隔を密にする手法により，直撃雷に対しても耐雷効果があるという結果が報告されている⁽¹⁾⁽²⁾。

近年，各電力会社においては，避雷器や避雷素子を内蔵する装置を配電線に密に施設する方向で対策が進んでいる。この対策の結果，がいし等でのフラッシュオーバーに起因する線路事故は減少するが，避雷器（避雷素子を内蔵する装置を含む）の放電耐量超過により発生する事故は依然として

残り，その割合は増加すると考えられる。特に，日本海沿岸のように冬季にエネルギー量の大きい雷が発生し⁽³⁾，避雷器焼損事故が少なくない地域では，この傾向は顕著になると考えられる。

この避雷器焼損事故の防止対策として，避雷器の処理すべきエネルギーの大きい箇所に放電耐量の大きい避雷器を施設することが効果的である。これまでの研究では，今井らにより配電線に直撃した場合は，雷撃柱に施設された避雷器の処理エネルギーが雷撃柱以外の柱に施設された避雷器の処理エネルギーより大きいことは報告されている⁽⁴⁾。しかし，雷撃柱の避雷器の処理エネルギーに着目して，配電線路上のどの位置に雷撃したときに，雷撃柱の避雷器の処理エネルギーが大きくなるかを検討した例はほとんどない。

本論文では，避雷器を全柱に施設した場合における，直撃雷に対する避雷器施設位置による処理エネルギー量の違

い、特に、末端柱に雷撃した場合の雷撃柱避雷器の処理エネルギーと末端柱以外の柱（以下、非末端柱と略記）に雷撃した場合の雷撃柱避雷器の処理エネルギーの違いについて、主にEMTPによる解析を用いて検討した。

2. EMTPによる解析の有効性の検証

電力中央研究所塩原実験場の試験配電線を用いて実施した雷撃実験の結果を用いて、EMTPによる解析の有効性を検証した。以下に実験概要と結果を示す。

＜2.1＞ 実験方法 試験配電線は、図1に示すとおり、1号柱から11号柱までの10径間（各径間長を（ ）内に示す）で、亘長は430mである。線路配列は3相水平配列であり、相導体にはACSR-OC 32mm²、架空地線には鋼より線 22mm²を使用した。図2に6号柱の相配置を示す。装柱方法は3号、9号柱は通しで、他の柱は引き留めである。末端での反射の影響を除くために、1、11号柱において架空地線および相導体各相を 400Ωの整合抵抗で終端した。非末端柱雷撃のモデルでは、1号柱から11号柱までの配電線を用い、末端柱雷撃のモデルでは、6号柱から11号柱までの配電線を用いた。

全柱にギャップ付き避雷器（放電開始電圧＝29kV、V_{2.5kA}＝20kV）を施設し、全柱で架空地線を接地した。避雷器

図1 試験配電線 (単位：m)
Fig.1. Experimental distribution line.

図2 6号柱の相配置 (単位：mm)
Fig.2. Configuration of the used distribution line.

表1 試験配電柱の接地抵抗値 (単位：Ω)
Table 1. Grounding resistance value.

柱 No	1号	2号	3号	4号	5号	6号	7号	8号	9号	10号	11号
定常接地抵抗	140	57	65	60	66	37	60	65	61	61	66

および架空地線用の接地線は、支持物（鉄筋コンクリート柱）に沿わせて設置した。表1に各柱の接地抵抗値を示す。

実験は、12MVインパルス電圧発生装置（I.G.）を用いて、波高値約10kA、波頭長約2μsの雷インパルスが発生させ、6号柱に印加した。印加箇所は架空地線とした。測定項目は、6号柱において流入電流、柱脚電流（接地線を含む）、避雷器電流、7号柱側の架空地線電流、7号柱において避雷器電流の5項目であり、各電流波形を測定した。

＜2.2＞ 検証用のEMTPの解析条件

＜2.2.1＞ 線路 線路はEMTPのJ M A R T Iセットアッププログラムを用い、相導体各相および架空地線間の相互誘導と周波数特性を考慮できるようにした。実験と同様に、1号柱および11号柱の末端を整合抵抗で終端した。

＜2.2.2＞ 支持物と接地抵抗 支持物は鉄筋コンクリート柱であり、その構造から雷サージに対しては導体と表現することが妥当であり⁽⁵⁾、谷口らや関岡らの実験結果を用いて、接地線を含む支持物のサージインピーダンスを200Ωとして計算した⁽⁶⁾⁽⁷⁾。接地抵抗については、塩原実験場で波高値1～15kAの雷インパルス電流を用いて模擬塔脚で観測された大電流に対する接地抵抗の低減効果⁽⁸⁾（図3参照）を全ての柱の接地抵抗に適用した。

図3 大電流に対する接地抵抗の低減効果
Fig.3. The lowering effect of the grounding resistance for a high impulse current.

＜2.2.3＞ 避雷器 避雷器の特性は、ギャップ付き非線形型（V_{2.5kA}＝20kV）として折れ線で近似し、放電開始電圧は29kVとした。

＜2.3＞ 実験結果と解析結果の比較

図4に実測結果とEMTPによる計算結果の比較を示す。非末端柱雷撃および末端柱雷撃のどちらも、印加電流、柱脚電流、架空地線電流、6号柱および7号柱の避雷器電流の波形および波高値はよく一致した。

以上の結果から、EMTPによる解析は十分な精度を持つと結論できる。

3. 解析条件

解析は、水平3相導体、架空地線および支持物からなる一般的な配電線について実施した。以下に概要を示す。

図4 実測波形と解析波形の比較

Fig.4. Comparison between measured waveforms and calculated waveforms

＜3.1＞ 線路構成 ＜2.2.1＞と同様に、線路は、EMTPのJMARTIセットアッププログラムを用いて計算した。非末端柱に雷撃する場合は、25本の柱で回路を構成してその中間に雷撃させ、末端柱に雷撃する場合は、13本の柱で回路を構成してその末端に雷撃させた（図5参照）。これにより雷撃点から線路の片側を見たときの線路条件が同一となる。非末端柱雷撃の場合の両端および末端柱雷撃の場合の雷撃箇所の反対側の端は、相導体および架空地線を多導体系線路のサージインピーダンスに相当する整合抵抗で終端した。径間は40m一定とした。避雷器を全柱に施設し、架空地線は全柱で接地した。

＜3.2＞ 支持物と接地抵抗 ＜2.2.2＞と同様に、接地線を含めた支持物のサージインピーダンスを200 Ω として計算した。

接地抵抗に関しては、大電流による低減効果は重要であるが、接地抵抗値の確保が厳しい砂利やレキからなる土壌を有する塩原実験場において観測された接地抵抗の低減効果を、そのまま一般性があるものとして適用するのは、一般的な土壌に関するデータが少ないため危険である。このため、避雷器処理エネルギーとしては安全側となる低減効果を考慮しない方法で解析を行うこととした。

避雷器処理エネルギーに対する接地抵抗の影響については第7章で述べるとして、まず、一般的な検討に関して、北陸電力の接地抵抗値の平均値（避雷器および避雷素子を内蔵した装置を施設する箇所の平均値）に多少の裕度を見た接地抵抗値60 Ω で解析を行った。

＜3.3＞ 避雷器 避雷器は相導体とアームの間に接続した。避雷器の特性はギャップ付き非線形型（ $V_{2.5kA} = 20kV$ ）として折れ線で近似し、放電開始電圧は29kVとした（図6参照）。

＜3.4＞ 雷撃電流波形 雷撃電流波形は、波頭長2 μs のRAMP波を用い、波高値および波尾長はパラメータとして変化させた。

表2に主な解析条件をまとめる。なお、解析は、次の3ケースについて実施する。

- (1) 架空地線が有る配電線で架空地線に直撃するケース
- (2) 架空地線が無い配電線で外側の相導体1相に直撃するケース
- (3) 架空地線が無い配電線で柱頂部に直撃するケース

4. 架空地線直撃時の避雷器処理エネルギーの比較

＜4.1＞ 雷撃電流の分流様相の比較 図7に20kA, 2/70

(a) 非末端柱雷撃

(b) 末端柱雷撃

図5 解析に用いた回路構成

Fig.5. Analytical distribution line configuration.

図6 避雷器のV-I特性

Fig.6. V-I Characteristic of a surge arrester.

μs の雷撃電流が、架空地線（柱頂）に直撃した場合の雷撃電流の分流様相を示す。雷撃柱避雷器の電流波形を比較すると、波高値はほぼ同じであるが、継続時間が末端柱雷撃の方が長いことがわかる。この避雷器電流の継続時間が長いことにより、末端柱雷撃の方が避雷器処理エネルギーが大きくなる（約1.6倍）。なお、2章の実験結果（図4）からも、末端柱雷撃の方が非末端柱雷撃より雷撃柱避雷器の電流継続時間が長いことが確認できる。

＜4.2＞処理エネルギーの違いに関する考察 末端柱雷撃の方が非末端柱雷撃より雷撃柱避雷器の処理エネルギーが大きい理由について考察する。

①柱頂に雷撃した雷撃電流は、柱脚、架空地線および避雷器を介して相導体へ分流する。雷撃初期は各サージイン

表2 解析条件

Table 2. Calculation conditions

項目	設定値
相導体	ACSR-OC 32mm ²
架空地線	鋼より線 22mm ²
支持物	サージインダクタンス 200Ω（接地線を含む）
伝搬速度	3×10^8 m/s
接地抵抗値	60Ω
大地抵抗率	100Ω・m
雷撃電流波形	2/70μs RAMP波 他
雷道インダクタンス	400Ω
径間	40m

(a) 非末端柱雷撃

(b) 末端柱雷撃

図7 雷撃電流分流様相（架空地線直撃、20kA、2/70μs）

Fig.7. Current waveforms of a surge arrester, an overhead ground wire and a line to earth.

ピーダンスに支配されて分流する。

②分流した雷撃電流は、雷撃柱および雷撃柱以外の各柱の接地箇所まで反射を繰り返す、架空地線、相導体および支持物の雷撃点から見た等価実効抵抗は低下していく⁽⁹⁾。

③架空地線、相導体および支持物の雷撃点から見た等価実効抵抗が低下すると、避雷器の抵抗分が効いてくるため、雷撃電流は避雷器を介して相導体には流れなくなる。

④この相導体への電流（避雷器電流）の継続時間が、非末端柱雷撃より末端柱雷撃の方が長い場合、避雷器処理エネルギーが大きくなる。

この末端柱雷撃の方が避雷器電流の継続時間が長い理由について考察する。

⑤考察を行うために、図8のような避雷器を抵抗で模擬したモデルを考える。

最も単純なケースで考えるために、片側1径間の線路で、サージインピーダンス（ Z ）のみを考慮した架空地線と相導体（1相のみ）および接地抵抗（ R_g ）のみを考慮した支持物で回路を構成する。避雷器は抵抗で模擬し、末端柱雷撃モデルの雷撃箇所以外の末端は整合抵抗で終端する。

⑥雷撃柱の避雷器の抵抗分は、解析の結果、避雷器電流の波高値が非末端柱雷撃と末端柱雷撃ではほぼ同じであることより、2つのモデルとも同一の抵抗値（ R_{A1} ）とする。

⑦非末端柱雷撃では相導体が両側にあるため、相導体を通る電流および雷撃柱以外で相導体から避雷器を介して支持物（接地線を含む）に流れ込む電流は、末端柱雷撃の場合の約半分となる。このため、雷撃柱以外の避雷器の抵抗分は、避雷器のV-I特性を考慮して、非末端柱雷撃の場合は末端柱雷撃の場合の避雷器抵抗分（ R_{A2} ）の2倍（ $=2R_{A2}$ ）とおける。

(a) 非末端柱雷撃モデル

(b) 末端柱雷撃モデル

図8 避雷器を抵抗で模擬したモデル

Fig.8. Models in which surge arresters are replaced by resistances.

⑧ところで、図8の非末端柱雷撃モデルは図9のモデルと、雷撃点からみて等価である。この等価モデルを図8の末端柱雷撃モデルと比較すると、回路構成が全く同じであり、雷撃点からみて避雷器の抵抗分が同じで、架空地線と相導体のサージインピーダンスおよび雷撃柱以外の柱の接地抵抗が半分のモデルであることがわかる。

⑨ここで、雷撃点からみた避雷器の抵抗分が同じで、架空地線と相導体のサージインピーダンスおよび雷撃柱以外の接地抵抗が半分であると、避雷器電流の継続時間に差が生じるかを計算により確かめた。

計算に当たっては、サージインピーダンス=500Ω、接地抵抗=60Ω、雷撃柱避雷器の抵抗分=7Ω（7Ωは避雷器電流3kAのときの避雷器の抵抗分、避雷器電流3kAは20kA、2/70μsの雷撃電流印加時の雷撃柱避雷器電流の波高値）、雷撃柱以外の避雷器の抵抗分は末端柱雷撃では7Ω、非末端柱雷撃ではその倍の14Ωとした。これに20kA、2/70μsの雷撃電流を流入させたときの避雷器電流波形を図10に示す。

⑩図10より、雷撃点からみた避雷器の抵抗分が同じで、架空地線と相導体のサージインピーダンスおよび雷撃柱以外の接地抵抗が半分である方（非末端柱雷撃モデル）が、雷撃柱の避雷器電流が急激に減少していることがわかる。実際の避雷器では、V-I特性より電流が減少すると抵抗分が増加するため、さらに電流の減少が速くなる。

以上により、避雷器の抵抗分に対する、架空地線と相導体側のサージインピーダンスおよび雷撃柱以外の接地抵抗

図9 非末端柱雷撃の等価モデル

Fig.9. An equivalent model which direct lightning hits to the midst of a line.

(a) 非末端柱雷撃モデル (b) 末端柱雷撃モデル

図10 避雷器を抵抗で模擬したモデルでの避雷器電流

Fig.10. Current waveforms of a surge arrester replaced by resistance.

の割合が大きいため、非末端柱雷撃より末端柱雷撃の方が雷撃柱避雷器の継続時間が長いことが明らかになった。

＜4.3＞ 雷撃電流の波高値および波尾長の影響 図11に架空地線（柱頂）に直撃した場合の雷撃電流の波高値および波尾長と雷撃柱避雷器の処理エネルギーの関係を示す。

波高値が大きくなると、末端柱、非末端柱とも避雷器処理エネルギーは大きくなる。また、波高値が大きくなるに従い、非末端柱避雷器に対する末端柱避雷器の処理エネルギーの比率は小さくなる。解析範囲（10kA～100kA）では、約1.1～2.3倍である。

波尾長が長くなると、末端柱、非末端柱とも避雷器処理エネルギーは大きくなる。また、波尾長が長くなるに従い、非末端柱避雷器に対する末端柱避雷器の処理エネルギーの比率は大きくなる。解析範囲（20 μ s～500 μ s）では、約1.2～2.3倍である。

以上の、波高値が大きくなると非末端柱避雷器に対する末端柱避雷器の処理エネルギーの比率が小さくなり、波尾長が長くなると比率が大きくなる理由について考察する。

雷撃電流の波高値が大きくなると、避雷器電流が大きくなり避雷器の抵抗分は小さくなる。図12に、避雷器の抵抗分と避雷器電流波形の関係を示す。これより、避雷器の抵抗分が小さくなると、避雷器電流の減少は緩やかになり、電流の継続時間が長くなることがわかる。ところが、波尾長が短い雷に対しては、末端柱雷撃と非末端柱雷撃の継続時間の差が十分に生じないうちに雷撃電流が小さくなり、避雷器電流が0になる。このため、両者の処理エネルギー

の違いがあまり生じず、その比率は1に近づく。

一方、波尾長が長い場合は、末端柱雷撃と非末端柱雷撃における避雷器電流の継続時間の差が、波尾長が短い場合に比べてはっきりと現れるため、波尾長が短い場合より避雷器処理エネルギーの比率が大きくなる。

以上の結果より、末端柱雷撃と非末端柱雷撃の避雷器処理エネルギーの違いは、波尾長が長い雷に対して顕著になることがわかる。

(a) 非末端柱雷撃モデル

(b) 末端柱雷撃モデル

図12 避雷器の抵抗分と避雷器電流波形の関係

Fig.12. The relation between the resistance of surge arresters and current waveforms.

5. 相導体直撃時の避雷器処理エネルギーの比較

＜5.1＞ 雷撃電流の波高値および波尾長の影響 図13に架空地線の無い配電線の外相の相導体1相（柱の近傍）に直撃した場合の、雷撃電流の波高値および波尾長と雷撃柱避雷器（雷撃を受けた相）の処理エネルギーの関係を示す。

波高値が大きくなると、末端柱、非末端柱とも避雷器処理エネルギーが大きくなる。末端柱雷撃の方が、非末端柱雷撃より雷撃柱の避雷器処理エネルギーは大きい、波高値が大きくなるに従い、その比率は小さくなる。解析範囲（10kA～100kA）では、約1.4～2.1倍である。

波尾長が長くなると、末端柱、非末端柱とも避雷器処理エネルギーが大きくなる。波尾長が長くなるに従い、非末端柱避雷器に対する末端柱避雷器の処理エネルギーの比率は大きくなる。解析範囲（20 μ s～500 μ s）では、約1.5～2.1倍である。

＜5.2＞ 処理エネルギーの違いに関する考察 末端柱雷撃の方が非末端柱雷撃より雷撃柱避雷器の処理エネルギーが大きい理由を考察する。

①相導体1相へ直撃した場合は、雷撃柱の柱脚への電流と他相の避雷器を介して他相の相導体へ流れ込む電流の和が、避雷器電流（雷撃を受けた相）となる。

②末端柱雷撃の場合は、相導体が片側にしかないため、

図11 雷撃電流波高値および波尾長と雷撃柱避雷器の処理エネルギーの関係（架空地線直撃）

Fig.11. The relation between the peak value, the time-to-half value of stroke current and the absorption energy of the surge arrester.

図13 雷撃電流波高値および波尾長と雷撃柱避雷器の処理エネルギーの関係（相導体の1相に直撃）

Fig.13. The relation between the peak value, the time-to-half value of stroke current and the absorption energy of the surge arrester.

非末端柱雷撃に比較して相導体側のサージインピーダンスが2倍となり、雷撃柱の柱脚への電流が大きくなる。

③一方、他相の相導体への電流は、雷撃柱で避雷器を2回通過することになる。〈4.2〉②と同様に、雷撃点から見た相導体の等価実効抵抗が低下すると、避雷器の抵抗分が効いてくるため、避雷器を2回通過して他相の相導体に流入する電流は減少する。この電流の継続時間は末端柱雷撃の方が長い。

④これは、前述の架空地線直撃の場合と同様に、末端柱雷撃では相導体が片側にしかないことで、避雷器の抵抗分に対する相導体側のサージインピーダンスの割合が、非末端柱雷撃の場合より大きいためである。

以上の理由から、非末端柱雷撃よりも末端柱雷撃の方が雷撃柱避雷器の処理エネルギーが大きくなる。

6. 柱頂部直撃時の避雷器処理エネルギーの比較

〈6.1〉 雷撃電流の波高値の影響 図14に架空地線の無い配電線の柱頂部に直撃した場合の、雷撃電流の波高値と雷撃柱避雷器の処理エネルギーの関係を示す。

柱頂部直撃の場合、雷撃柱避雷器の処理エネルギーは、解析の範囲（波高値=10kA~100kA）において末端柱雷撃と非末端柱雷撃ではほとんど同じである。

なお、雷撃電流の波尾長と雷撃柱避雷器の処理エネルギーの関係も、末端柱雷撃と非末端柱雷撃では避雷器処理エネルギーがほとんど同じであることを示すものであった。

〈6.2〉 処理エネルギーについての考察 末端柱雷撃と

図14 雷撃電流波高値と雷撃柱避雷器の処理エネルギーの関係（柱頂部直撃）

Fig.14. The relation between the peak value and the absorption energy of the surge arrester.

非末端柱雷撃の雷撃柱避雷器の処理エネルギーがほぼ同じである理由を考察する。

①雷撃電流は、雷撃柱の柱脚および避雷器を介して相導体に分流する。

②〈4.2〉②と同様に、相導体の雷撃点から見た等価実効抵抗が低下し、各柱の接地抵抗に比べて無視できる状態になると、雷撃電流のほとんどは相導体側へ流れる。

③この相導体側へ流れる電流は、雷撃電流を各柱の接地で並列に処理すると仮定すると、末端柱雷撃、非末端柱雷撃とも雷撃電流の〔（接地箇所数-1）／接地箇所数〕となり、ほとんど同じとなる。しかも、この電流は、末端柱雷撃でも非末端柱雷撃でも必ず雷撃柱の避雷器を経由するため、避雷器処理エネルギーはほぼ同じになる。

7. 接地抵抗の避雷器処理エネルギーに対する影響

雷撃電流波高値50kA、波形2/70 μsの直撃雷に対する、接地抵抗と避雷器処理エネルギーの関係を図15に示す。

架空地線直撃と柱頂部直撃（架空地線無し）は、接地抵抗値が小さいほど雷撃柱の避雷器処理エネルギーは小さくなる。一方、相導体直撃（外相1相に直撃、架空地線無し）は、抵抗値により一様な変化は見せなかった。この理由は、相導体直撃では、雷撃柱の接地への電流と他相の相導体への電流の和が避雷器電流になることによる。つまり、接地

図15 接地抵抗と雷撃柱避雷器の処理エネルギーの関係
Fig.15. The relation between grounding resistance and the absorption energy of the surge arrester.

抵抗値が小さいと、雷撃柱の接地への電流は増加するが他相の相導体への電流は減少し、逆に、接地抵抗値が大きいと、雷撃柱の接地への電流は減少するが他相の相導体への電流は増加する等、両者に対する接地抵抗値の影響が違ってくるからである。

8. あとがき

配電線直撃雷に対する、末端柱に施設された避雷器とそれ以外の柱に施設された避雷器の処理エネルギーの違いについて、主にEMTPによる解析を用いて検討した。主な結果は以下のとおり。

(1)架空地線直撃の場合、雷撃柱避雷器の処理エネルギーは、非末端柱雷撃より末端柱雷撃の方が大きく、その比率は解析した範囲 ($2/70\mu\text{s}$, $10\sim 100\text{kA}$)の雷撃に対し約1.1～2.3倍である。また、末端柱雷撃が非末端柱雷撃より避雷器処理エネルギーが大きくなるのは、波尾長が長い雷の場合の方が顕著となる。

(2)相導体1相(架空地線無し)への直撃の場合、雷撃柱避雷器の処理エネルギーは、非末端柱雷撃より末端柱雷撃の方が大きい。その比率は、解析した範囲 ($2/70\mu\text{s}$, $10\sim 100\text{kA}$)の雷撃に対し約1.4～2.1倍である。

(3)柱頂部(架空地線無し)直撃の場合、雷撃柱避雷器の処理エネルギーは、非末端柱雷撃と末端柱雷撃ではほぼ同じである。

以上の結果より、架空地線の有る配電線では、末端柱に施設された避雷器の処理エネルギーが大きいこと等が明らかになった。これにより、放電耐量の大きい避雷器を末端柱に施設する等の効果的な対策が可能となる。今後は、避雷器焼損事故の多い冬季雷の性状を考慮しながら、有効な避雷器焼損事故防止対策について検討していく。

終わりに、本研究を実施するにあたり、御支援、御指導を賜った中村正孝部長、徳野武課長を始めとする北陸電力株式会社配電部の関係者に、実験に御協力頂いた電力中央研究所塩原実験場の三宅久仁彦場長に、並びに、種々の御指導を賜った佐々木三郎研究コーディネーター、新藤孝敏グループリーダーに厚くお礼申し上げます。

(平成7年10月3日受付、同8年1月25日再受付)

文 献

- (1) S.Yokoyama and A.Asakawa: "Experimental Study of Response of Power Distribution Lines to Direct Lightning Hits", IEEE Trans. Power Delivery, Vol.4, No.4, 2242 (1989)
- (2) 今井, 松浦, 伊東, 石辺, 東, 下村: 「架空地線直撃雷に対する配電用避雷器の保護効果」, 電学論B, 111巻6号 619 (1991)
- (3) 耐雷技術ワーキンググループ: 「日本海沿岸における冬季雷性状」, 電中研総合報告 T10 (H元年)
- (4) 今井, 藤原, 横山, 石辺, 山岡, 下村: 「直撃雷による配電用避雷器の処理エネルギー」, 電学論B, 113巻8号 873 (1993)
- (5) 山本, 木下, 桑原, 大宅: 「アレスタ接地線に鉄筋コンクリート柱を代用した場合の電圧低減効果」, 電気関係学会関西支部連合大会講演論文集, G4-36, G173 (S55年11月)
- (6) 谷口, 浅川, 横山, 中田, 大西, 本林: 「配電線1相の避雷器省略時の耐雷効果の検討」, 電学論B, 114巻11号 1150 (1994)

- (7) 関岡, 山本, 横山: 「コンクリート柱のインパルス大電流特性に関する実験的検討」, 電気学会高電圧研究会資料, HV-94-176 (H3年)
- (8) 川合, 岸嶋: 「鉄塔脚接地設計に関する研究」, 電中研技術研究報告 No.64061 (1965)
- (9) 法貴, 佐藤: 「進行波序説」, 電気書院 (S30年)

中田 一夫

(正員) 1963年1月10日生。85年3月東北大学工学部電子工学科卒業。同年4月北陸電力(株)入社。平成6年7月(株)電力中央研究所出向。現在、(株)電力中央研究所泊江研究所電気物理部雷放電グループ主査研究員。主として、配電系統の雷防護、絶縁協調に関する研究に従事。平成6年滋澤賞、平成6年度優秀論文発表賞受賞

横田 勤

(非会員) 1952年11月18日生。75年3月東京電機大学電気工学科卒業。同年4月(株)電力中央研究所入所。現在、(株)電力中央研究所泊江研究所電気物理部雷放電グループ主査研究員兼塩原実験場副場長。主として、配電系統の保護、保安、配電自動化関係および雷防護に関する研究に従事。

横山 茂

(正員) 1947年3月5日生。69年5月東京大学工学部電子工学科卒業。同年6月(株)電力中央研究所入所。現在、(株)電力中央研究所泊江研究所電気物理部長。工学博士。主として、送配電系統の雷防護、絶縁協調に関する研究に従事。IEEE Fellow, 電機設備学会, 日本大気電気学会会員。

浅川 聡

(正員) 1960年4月19日生。85年3月慶応義塾大学大学院電気工学専攻修士課程終了。同年4月(株)電力中央研究所入所。現在、(株)電力中央研究所泊江研究所電気物理部雷放電グループ主査研究員。主として、配電系統の雷防護、絶縁協調に関する研究に従事。

谷口 弘光

(正員) 1958年3月12日生。82年3月武蔵工業大学工学部電気工学科卒業。同年4月北陸電力(株)入社。現在、北陸電力(株)地域総合研究所技術研究担当に勤務。主として、配電系統の雷防護、絶縁協調に関する研究に従事。

橋本 晃

(正員) 1959年12月20日生。83年3月富山大学工学部電気工学科卒業。同年4月北陸電力(株)入社。主として、配電線の耐雷機材など配電機器の開発、試験に従事。平成7年7月同小松営業所配電運営課係長、現在に至る。