

避雷器接地線のサージ特性の解明

避雷器接地線の設計手法の確立に向けて

Clarifying the Surge Characteristics of Lightning Discharge Grounding Wires

Establishing a Design Approach for Lightning Discharge Grounding Wires

(電力技術研究所 流通G 送変電T)

(Transmission and Substation Team, Power System Group, Electric Power Research and Development Center)

避雷器接地線のインピーダンスは、インダクタンス成分を有するため接地線が長すぎる場合、急峻なサージ電流が流れると過剰な電位上昇が発生する恐れがある。また、接地線長さ等に関する設計根拠は不明確であり、適切な設計手法の確立が望まれている。本研究では、避雷器接地線のサージ特性を実験および解析により評価し、簡便な避雷器接地線の設計手法を検討した。

The impedance of lightning discharge grounding wires has inductance components. Therefore, if a steep surge current flows over a grounding wire that is too long, excess potential rising may occur. In addition, the design basis for grounding wire length, etc., is undetermined, so we wanted to establish a proper design approach. In this study, the surge characteristics of lightning discharge grounding wires were evaluated through experiments and analysis, and we investigated a simple design approach for lightning discharges grounding wires.

1 背景・目的

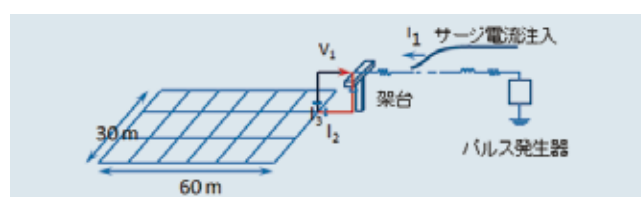
近年、送電用避雷装置の設置や線路用遮断器のガス遮断器化に伴い、変電所引入口への避雷器の設置が標準となっている。その場合、第1図に示すようにスペースなどの関係で断路器架台上に避雷器が設置され、従来よりも接地線が長くなる傾向にある。接地線が長くなると、急峻なサージ電流が流れた際に、接地線のL成分により過剰な電位上昇 (Ldi/dt) が発生する恐れがある。

また、工事実施部署では、個別に接地線長さや太さを決める設計をしているが、設計根拠が不明確であるため適切な設計手法の確立が望まれている。

本研究では、各種避雷器接地線のサージ特性について実験および解析により評価し、避雷器接地線のインダクタンスを導出した。この結果を用いた簡便な設計手法を検討したので、その内容を報告する。



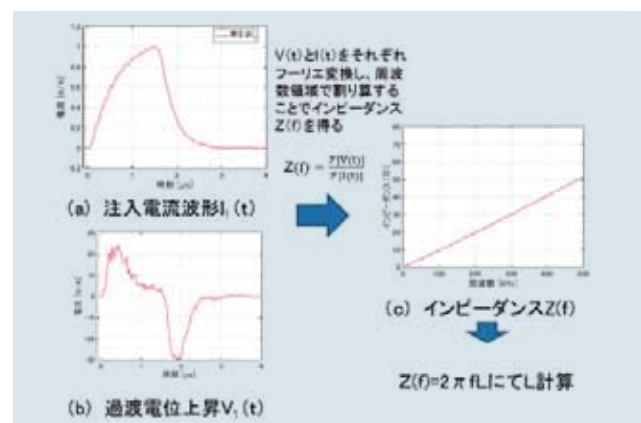
第1図 避雷器の断路器架台上への設置



第2図 サージ試験概要



第3図 接地線埋設状況



第4図 接地線インダクタンス導出方法

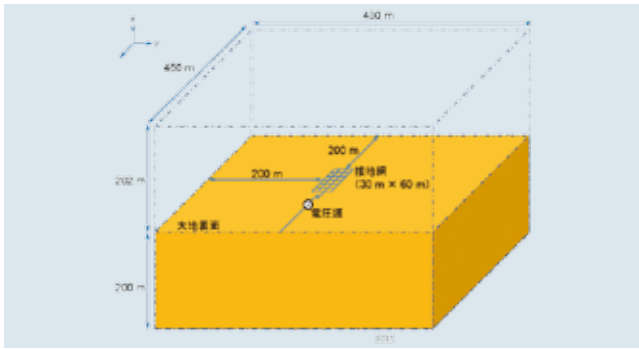
2 サージ試験結果

(一財) 電力中央研究所の赤城試験センターに敷設してある接地メッシュ上に、避雷器架台や接地線を模擬した実験モデル(第2,3図)を設置し、サージ電流を印加した。各種接地線の太さや長さ、線種などをパラメータとして接地線の過渡電位上昇を測定した。接地線の等価回路がLとCから成るとすると、接地線のサージインピーダンスは $Z = \omega L + 1/\omega C$ となるが、サージ周波数領域ではCによるインピーダンス $1/\omega C$ は無視できるので、Lが支配的とみて $Z = \omega L = 2\pi fL$ よりL値を求めた(第4図)。それらを線種ごとに比較することにより下記の特性が明らかとなった。

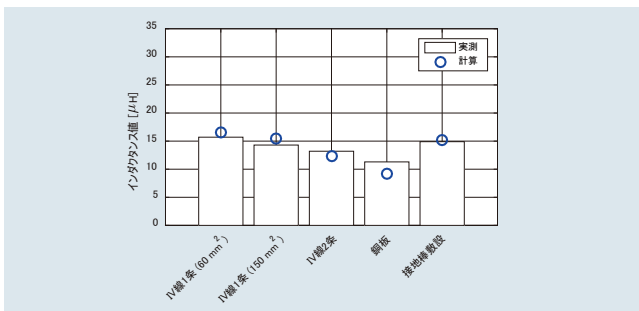
- ①より太い接地線(例えば断面積 $60\text{mm}^2 \rightarrow 150\text{mm}^2$)を使用しても接地線電位上昇の低減効果は少ない。
- ②裸銅線の埋設長が長く(約10m以上)なると、土中に漏えいする電流が多くなることからIV線よりL値が小さくなり接地線電位上昇が低減される。
- ③IV線を2条にすると1条に比べ低減効果大きい。

3 数値電磁界シミュレーション

実験結果を補完するため、接地網、接地線、電流注入線等を配置した解析空間（第5図）を作成し、実験結果の数値電磁界シミュレーション（FDTD法：VSTL REV 電力中央研究所開発ソフト）を行った。第6図に示すように、線種および断面積を変えた場合の実験結果とよく一致し、実験結果を補完できることが明らかとなった。



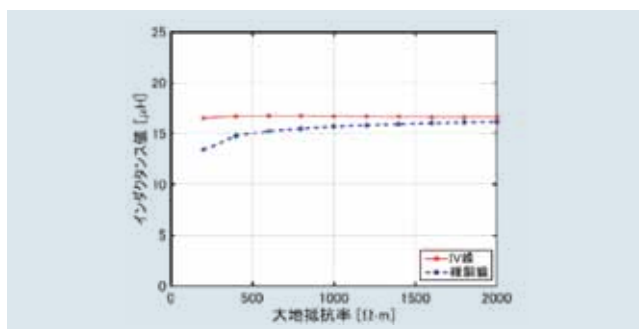
第5図 FDTD解析空間



第6図 インダクタンス値の実測結果と解析結果の比較
（表記ない線種は10m、60mm²のデータである）

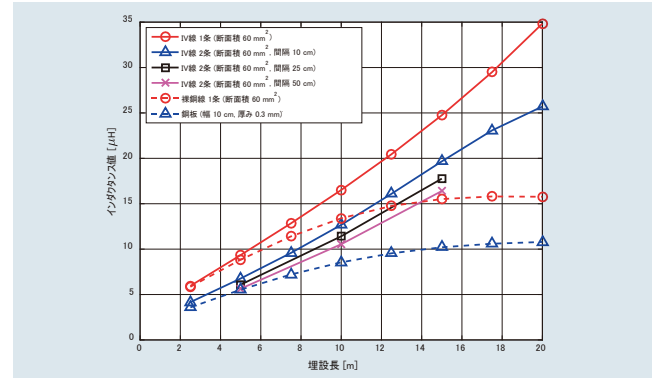
次に、実測では検証が困難な大地抵抗率の相違によるインダクタンス値の比較を行った。赤城試験場の大地抵抗率は約200Ωmであるが、より高い抵抗率となる山岳地を想定して2000Ωmまで解析を行った。その結果を第7図に示す。抵抗率が高くなるにつれて裸銅線のインダクタンス値がIV線の値に近づいている。これは、抵抗率が高くなると裸銅線で土中に流出する電流が少なくなり、IV線の特性に近づくためと考えられる。

FDTD法にて60mm²のIV線1、2条、裸銅線、幅10cm



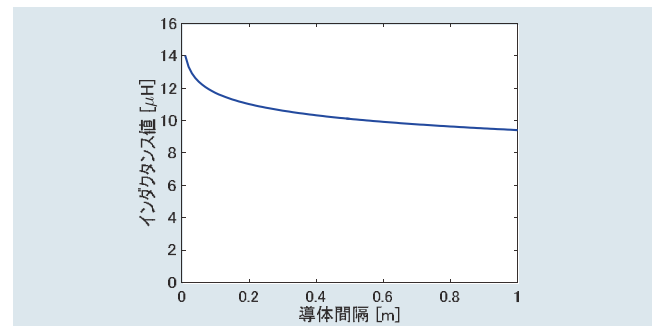
第7図 大地抵抗率の影響 (10m、60mm²)

の銅板のインダクタンスを計算した結果を第8図に示す。裸銅線は、埋設長が長くなるとL値は飽和傾向を示す。銅板も同様に飽和傾向を示すが、土との接触面積が大きいためL値は裸銅線よりも小さく、接地電位低減には最も効果がある。



第8図 各種接地線のインダクタンス

また、第8図よりIV線1条に比べ、2条化するとL値は小さくなるのがわかる。2条のIV線間隔とインダクタンスの関係を示したのが第9図であるが、間隔を広げるとL値はさらに低減されることがわかる。



第9図 2導体の間隔による影響 (10m、60mm²)

4 まとめ

実測および解析により、接地線の線種（IV線、裸銅線）や各種方策（接地線の太線化、多条化、銅板への変更など）が接地線インピーダンスに与える影響を等価的なインダクタンス値に基づき定量的に評価した。避雷器接地線施工時には、サージ特性を考慮して設計することが望まれる。利用方法としては、設計時に接地線長が決まったら一般的なIV線1条の時のL値を第8図（60mm²の場合）より読み取り、過酷な避雷器放電電流波形を用いて接地線電位上昇 $L di/dt$ を計算する。 $L di/dt$ に避雷器制限電圧を加えて雷インパルス耐電圧レベル（LIWV）を下回れば安全であるが、上回るようであればIV線の2条化もしくは裸銅線などによる施工を検討するといった適用方法が考えられる。

本研究は、電力共同（中部、北陸、四国、九州）で（一財）電力中央研究所に依頼した研究である。



執筆者 / 植田俊明