

基幹系気中電気所の絶縁レベル低減に向けた検討

高精度雷サージ解析による絶縁設計の合理化

Study for Reducing Insulation Levels of AIS in Trunk Transmission System

Rationalization of Insulation Design by High-accuracy Lightning Surge Analysis

(基幹系統建設センター 技術G)

気中絶縁電気所におけるEMTPを用いた雷サージ解析において、気中母線は単相分布定数回路で模擬されるが、一般にこの解析で得られる雷過電圧は高めに計算され、絶縁レベルが過剰となっている。そこで、旧来の絶縁レベルで設計された基幹系気中電気所の設備更新を鑑み、母線を多相分布定数回路で模擬し解析することにより、絶縁レベル低減の可能性を検討した。

1 背景・目的

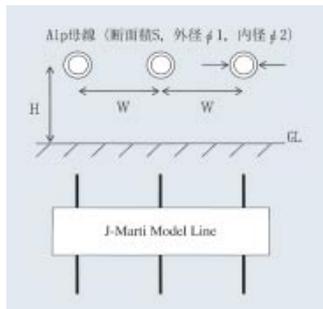
気中電気所におけるEMTP (Electromagnetic Transients Program、電力系統過渡現象解析プログラム)を用いた雷サージ解析においては、母線構造の複雑さから、気中母線を単相分布定数回路(母線間の相互結合を無視)で模擬した解析が行われている。一般に、この解析で得られる雷過電圧は、実雷時と比べ高めに計算され、絶縁レベルが過剰となっている可能性がある。

そこで、EMTP雷サージ解析における気中母線を、従来の単相分布定数回路模擬に代わり、多相分布定数回路模擬とすることにより絶縁レベル低減の可能性を検討した。また、気中絶縁変電所縮小モデルによる実測試験を行い、EMTPモデルの解析結果の妥当性を確認した。あわせて、三次元構造物で発生する過渡電磁界現象を解析できるFDTD法 (Finite Difference Time Domain法、時間領域有限差分法)を用いて解析を行い、測定結果およびEMTPによる解析結果と比較した。

2 気中母線モデルの高精度化検討

気中母線は従来単相分布定数回路(回路定数は電圧階級や母線線種によらず、一律に標準定数を使用)で模擬されている。そこで、三相母線を実配置に基づいて多相分布定数回路で模擬することにより、EMTP解析の高精度化を検討した。気中母線の多相分布定数回路模擬のイメージを第1図に示す。

第2図の変電所の回路において、気中母線を単



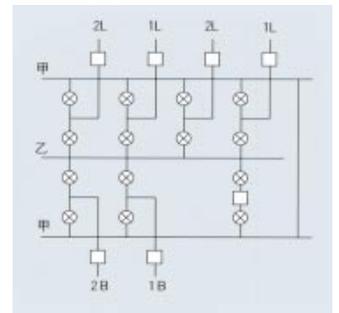
第1図 気中母線の多相分布定数回路模擬

(Technical Section of Transmission and Substation Construction Office)

In lightning surge analysis utilizing EMTP at Air-Insulated Substations (AIS), bus conductors are modeled by single-phase distributed-parameter line. Because the lightning overvoltage that is calculated by this analysis is generally quite high, the insulation level becomes higher. When considering renewal of AIS in Trunk Transmission System, which were designed with conventional insulation levels, we investigated the possibility of reducing the insulation level by performing the analysis using polyphase distributed-parameter line for bus simulation.

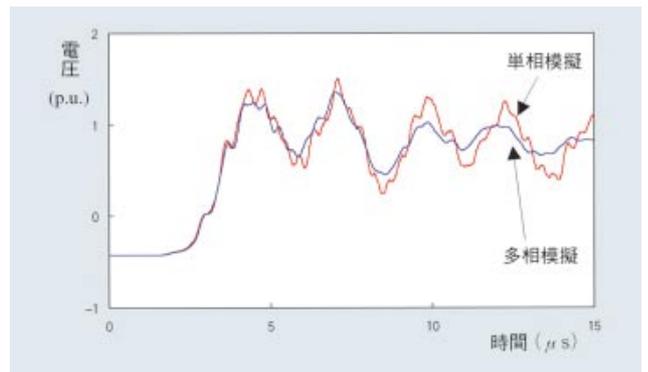
相および多相でモデル化して雷サージ解析を実施した。印加相電圧の波形の一例を第3図に示す。

母線を多相模擬したときの雷サージ電圧波形は、全般に単相模擬に比べ低くなっており、特に波尾の電圧は減衰効果が



第2図 変電所模擬回路

大きく単相模擬時に比べてかなり小さくなる。標準定数にて導体を接続した単相模擬に対し、多相模擬はサージインピーダンスが小さく、母線の相互インピーダンスを考慮しているため、進行波の電圧は小さくなる。



第3図 EMTPによる雷サージ電圧波形計算結果

3 縮小モデルによる測定

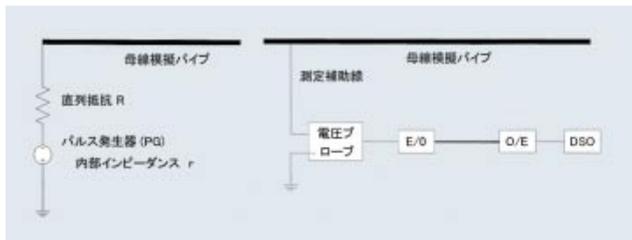
EMTPモデルの解析結果の妥当性を確認するため、電力中央研究所の赤城試験センターに仮設した気中変電所1/10モデルを対象に、パルス入力時に母線各部に発生する電圧を測定した。変電所は第2図の縮小モデルで、測定とあわせてEMTPおよびFDTD法による解析を行い、測定結果と比較して解析モデルの妥当性に



第4図 モデル変電所

ついて検討した。測定は甲乙の主母線と送電線回線および変圧器回線の分岐母線を組み合わせた数ケースを実施した。

パルス発生器を用いて印加点に立ち上がり20nsのパルス電圧を印加した。印加電圧波形の立ち上がり時間は、実際の変電所では約200nsに相当する（アークホーンのフラッシュオーバー時の電流で発生する電圧波形に相当）。



第5図 パルス発生回路構成（左）と電圧測定回路構成

測定結果とFDTD法およびEMTPによる解析結果の一例を第6図に示す。測定結果と解析結果の比較から次のことが明らかとなった。

解析結果（FDTD法・EMTP）は測定結果（波高値・反射時間）をほぼ良好に再現している。この結果、気中母線のサージ特性は解析により精度よく予測可能である。

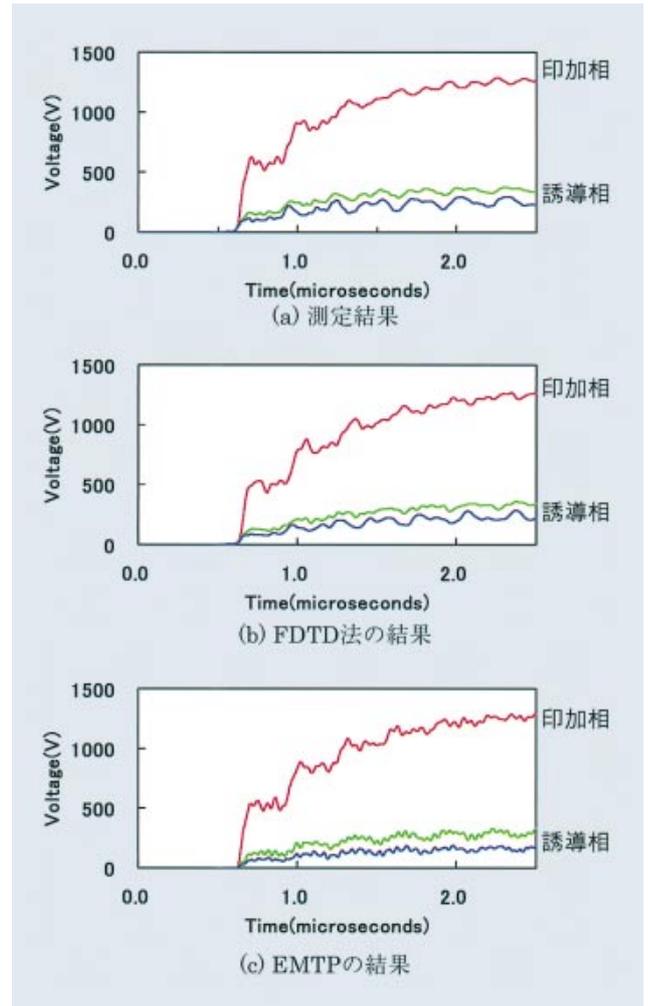
母線の多相構造を考慮することで誘導相の電圧を精度よく推定できる。サージ特性を正確に把握する際には、母線の多相構造を考慮することが望ましい。

FDTD法とEMTPの解析結果を比較した場合、顕著な差異は見られないことから、計算時間が短く変電所全体が解析可能なEMTPによる解析が有効である。

4 母線のサージインピーダンスの測定

測定で使用した母線のサージインピーダンス（自己および相互）を電圧降下法により測定した。また、これらは理論式により導出できる。

実測結果および理論値を比較すると、測定で得られる母線の自己サージインピーダンスは、理論値より5%程度小さく、相互サージインピーダンスは10%程度理



第6図 測定結果と解析結果の電圧波形

論値より小さい。この差は、電圧測定補助線の影響や、母線支持架台による母線と大地間に漏洩抵抗が発生したため生じた誤差と考えられる。

今回得られた測定値や理論値は、従来の解析で使われている標準定数350 よりも小さいため、従来の母線モデルを用いた解析では、結果として得られる雷過電圧値が大きめに計算されている。

5 まとめ・今後の展開

気中母線を多相分布定数回路として模擬し解析を行い、従来よりも解析で得られる雷過電圧値が低くなることを確認した。また、測定結果と比較することで、解析モデルの妥当性を確認した。これにより、解析で得られる雷過電圧値が下がり、さらに高性能避雷器を組み合わせることで、気中電気所の絶縁レベル低減の見通しが得られた。

今後、基幹系気中電気所の設備更新設計に今回の手法を反映していく予定である。

執筆者 / 渡部達也
Watanabe.Tatsuya2@chuden.co.jp