

論 文 要 旨

Abstract of Thesis

論 文 題 目

Thesis Title : Surge Response of a Vertical Conductor

Abstract:

This research describes simulation and experimental investigations of surge response of a vertical conductor, including effects of ground plane and without ground plane. There is a theoretical formula of surge impedance in case with ground plane and without ground plane. In this research, this theoretical values of surge impedance are examined by simulation analysis of the vertical conductor using the Numerical Electromagnetic Code (NEC-2) as well as experimental basis. The arrangement of the current lead wire in vertical conductor model to be analyzed here is also verified with simulation result of an equivalent circuit model by the Electromagnetic Transients Program (EMTP).

Simulation of very fast surge phenomena in a three-dimensional (3-D) structure requires a method based on Maxwell's equations, such as the finite difference time domain (FDTD) method or the method of moments (MoM), because circuit-equation-based methods cannot deal with this phenomena. A method of thin wire representation of the vertical conductor system is employed here which is suitable for the 3-D surge simulation. The thin wire representation is indispensable to simulate electromagnetic surges on wires or steel frames of which the radius is smaller than a discretized space step used in the FDTD simulation. In this research, a general surge analysis program named VSTL (Virtual Surge Test Lab.) based on the Maxwell equations formulated by the FDTD method, is used to simulate surge phenomena of a vertical conductor, including effects of ground plane and without ground plane. Finally, comparisons between simulation results of FDTD method and MoM are presented along with the experimental analysis and theoretical results of surge impedance.

A consideration on the vertical conductor surge impedance is also prescribed here associated with the phenomena of ground plane and without ground plane and including effects of return stroke. The maximum difference for the effect of return current wave without ground plane is about 10 percent. For the case of horizontal input, the surge impedance is always less than the case with vertical input because of the induce current to the vertical conductor. The maximum difference between the cases with ground and without ground plane is about 23 percent.

平成16年1月22日

琉球大学大学院  
理工学研究科長 殿

論文審査委員

主査 高橋 秀臣

副査 上里 勝實

副査 山城 康正

副査 金子 英治



学位(博士)論文審査及び最終試験の終了報告書

学位(博士)の申請に対し、学位論文の審査及び最終試験を終了したので、下記のとおり報告します。

記

申請者	生産エネルギー工学専攻 ゴニ エムデー オスマン 学籍番号: <span style="background-color: black; color: black;">XXXXXXXXXX</span>		
指導教官名	高橋 秀臣		
成績評価	学位論文	<input checked="" type="radio"/> 合格 <input type="radio"/> 不合格	最終試験 <input checked="" type="radio"/> 合格 <input type="radio"/> 不合格
論文題目	Surge Response of a Vertical Conductor		
審査要旨(2000字以内)			
現代社会に於いて電力エネルギーの輸送は社会活動の源であるエネルギーを供給するだけでなく、高度情報化社会を担う情報通信をも支えるものであり、無くてはならない基本的要素である。このエネルギー輸送に於いて送電線路を支える鉄塔は重要な設備であるが、それは送電用に限らず、通信用も数多くある。ところで鉄塔は地上から高く聳えた構造物なので、絶えず落雷の危険に曝されており、近隣の建家や設備への雷電流の侵入による破壊と送電や通信の停止といった障害を招く恐れがある。ところで鉄塔への落雷に際しての周辺建家や設備への影響を検討するに当たり、			

(次頁へ続く)

## 審査要旨(つづき)

鉄塔の過渡特性は重要な意味を持って来る。鉄塔を考える場合、最も単純化すると、完全導体の無限平面上に立てられた一本の完全導体で出来た細長い円柱状の棒の過渡特性がどうかと言うことになる。この一見したところ単純な問題は「垂直導体問題」として知られた難問で、現在のところ明確に理論的に説明されていない。本論文はこれに立ち向かおうと試みたものである。

即ち、本論文では実験室に設定した一本の垂直導体モデルについて、大地の有る場合と無い場合についてのサージ特性の解析を一つの理論('93年の電気学会B部門誌掲載の高橋理論)と幾つかの数値解析そして実験によって行っている。理論は現象を広い範囲で説明出来るものとして取り上げ、数値解析は現在、広く使われているEMTP(Electromagnetic Transients Program)及び電磁界解析ソフトNEC-2(Numerical Electromagnetic Code)、そして空間格子を用いるFDTD法(Finite Difference Time Domain Method)を応用したVSTL(Virtual Surge Test Laboratory)を実験を補完するものとして取り上げている。

実験は直径1mm及び5mmで長さ0.6mの2本の鋼の円柱棒を垂直導体モデルとして、実験室に設置された3m×5mの完全導体無限大平面を模擬した接地板の中央に固着して行った。雷電流は立ち上がり1nsで値が5mAの急峻なパルス電流で模擬し、電流の印加と測定回路との電磁カップリングの除去に配慮し、又、周囲からのノイズ電波の影響を最小限にする為、場合によっては深夜に実験を行った。又、実験で用いた電流プローブや電圧プローブは1GHzの周波数応答を、又、パルス発生器や測定用オシロの周波数帯域は500MHzと測定可能な性能を有するものを用いた。その結果、次の様な結論を得た。

- 1)EMTPは回路理論に基づいているので、単一の垂直導体モデルをR-L-Cの回路モデルで記述して解析を行ったが、同じ対象に関するNEC-2と同様な結果が得られEMTPの方が簡便である。
- 2)理論と実験、NEC-2及びEMTPの結果は、実験に用いた垂直導体に対しては5%以内の範囲で一致していた。又、帰還電流の効果や大地の有無の影響は10%程度であることが分かった。
- 3)理論式、実験、NEC-2及びFDTD(VSTL)を比較すると、理論は実験とFDTDの間に入り、NEC-2はこれらと可成り外れる。これはNEC-2のコードに一部問題が有る可能性を示すもので、理論(高橋理論)による修正改良により、より良いものに改善されることが見込まれる。
- 4)電磁界理論に基礎を置くサージインピーダンスに関する理論より得られた理論式は大地の有無に関わらず帰還電流の効果を含めて十分に実用性があることが分かった。

尚、実験は電流印加方法や導体形状等に融通性があることと、そして実験の容易さから、縮小モデルで行ったが実際の鉄塔への理論や数値解析手法の適用は今後に残された課題である。

以上述べた様に、本論文は現代社会を担っている電力輸送を裏で支える送電鉄塔や通信鉄塔に関連した雷サージ伝搬に関連した「垂直導体問題」に正面からアプローチを試みたものである。本論文によって、この問題に対する突破口を与える可能性のある理論の妥当性を明確に出来たことは大きな成果であり、理論及び解析手法の改善が期待され、耐雷の技術の向上発展に寄与するところ大で、現代社会の安定と発展への貢献も期待される。

又、本論文の提出者 ゴニ エムデー オスマンの最終試験は公聴会をもって当てたが、本論文の意義と有用性を十分に理解し、質問者に対する応答も的確であり、又、母国へ帰国後、教育者として研究者と

審査要旨(つづき)

して修得した技術や学識の活用と自身の発展を計画する等、十分に博士(工学)の学位に値する見識と能力を有していた。

よって学位論文審査委員一同は、本論文は博士(工学)の学位論文として十分価値あるものと認める。  
又、本論文提出者 ゴニ エムデー オスマン 君は最終試験に合格と認める。