

審査の結果の要旨

氏名 アハメド モハマド ラジュ

大地に電極を埋め込み、大地との間の電氣的接続をはかる接地は、電気安全や電気設備の雷害対策の上できわめて重要な機能を持ち、研究の歴史も長い。雷害対策における接地の役割は、雷電流が流入した際に、接地電極に生じる過渡的な電位上昇が障害を引き起こさないような大きさに抑えつつ、雷電流を大地に放流することにある。接地電極の性能は、単位電流が流入したときの電位上昇値であるインピーダンスまたは抵抗値で評価され、接地インピーダンスを下げるには、大地に埋設する電極のサイズを大きくするのが基本である。工事量、電極材料の双方を低減できる水平な長い埋設導体は、接地抵抗を下げるに当たって最も多用される種類の電極である。しかし雷電流のように時間的変化が速い大電流が流入すると、損失のある媒質である土中の長い導体に沿って進行する電流波の過渡的な振舞いが、導体各部の電位の変動を支配し、その様相は簡明な理論式で表現することはできない。本論文は Electrical Transient Characteristics of Grounding System Incorporating Long Buried Conductor (長い埋設導体を含む接地電極系の電氣的過渡特性) と題し、長い埋設導体に立ち上がり時間 $1 \mu s$ 以下から $10 \mu s$ 程度の雷インパルス電流が流入したときの電氣的現象を数値電磁界解析によって再現し、大地の電氣的パラメータに影響されるその基本的性質を明らかにするとともに、埋設導体により接続される大規模な接地システムの特長も明らかにしたもので、5章より構成される。

第1章は Introduction (緒言) で、雷害対策における接地に関する長い研究の歴史を振り返り、接地電極系の電氣的過渡特性の理論的・実験的研究のこれまでの経過を解説して、本論文の位置づけを示し、本論文の構成について述べている。

第2章は Application of Numerical Electromagnetic Analysis to Transient Response of Grounding (接地の過渡応答への数値電磁界解析の適用) と題し、モーメント法およびFDTD法の2種類の数値電磁界解析手法にもとづく計算コード NEC-4 および VSTL を、埋設導体に雷インパルス電流が流入したときの現象解析に適用し、どちらのコードも有効であることと、それぞれの持つ特徴について明らかにした。さらに、より複雑な構成をもつ大型接地電極を接続した大規

模な接地システムに雷インパルス電流が流入したときの現象の解析に適用した結果、モーメント法にもとづくNEC-4は、重要な周波数領域で不安定になることが判明したため、以後の数値解析ではFDTD法にもとづくVSTLを使用することが述べられている。

第3章は Propagation Characteristics of Current Pulse and Distribution of Electric Field along Buried Bare Conductor（直埋導体に沿った電流パルスの伝搬特性と電界分布）と題し、これまで精力的に研究されてきた埋設導体に電流パルスが流入したときの電氣的現象は、電界、電流の数値解析結果より、時間と大地抵抗率の組み合わせで2つの領域に分けて考えることができることを示した。その結果、分散性媒質である土中に埋設された導体周囲の複雑な電氣的現象の把握が容易となり、不均一大地の代表的モデルである多層大地モデル中に埋設導体がある場合の現象も、統一的な視点から簡明に説明している。

第4章は Lightning Surge Characteristics of Interconnected Grounding of Wind Turbines（風力発電用風車の接続接地の雷サージ特性）と題し、接続することが国際規格により推奨されているウィンドファームの風力発電用風車の接地を具体例として、接続接地が有効な条件について数値電磁界解析を用いて解明をはかっている。はじめに接続地線に直埋の導体を用いる際の評価に有用で、実用的にも重要な雷インパルス電流に対する埋設地線の有効長について、改めて数値電磁界解析にもとづく信頼性の高い数値を提出した。その結果は大型風車の接地を直埋導体で接続したときのシステム全体の特性と整合し、埋設地線の有効長の評価結果が信頼できること、その概念が有用であることも確認された。次いで、接地システムとしての性能は低下するが現実にはよく見かける、絶縁電線を風車接地の接続線に使用した場合について、接地システム全体および接続線の特性と機能を解明し、架空線を接続線として用いた場合とも比較して、接地システム全体の特性が架空線と埋設絶縁電線ではほとんど変わらないことと、その理由を示した。

第5章は Conclusions（結言）で、本論文の成果を総括している。

以上これを要するに本論文は、これまで煩雑な解析式の数値解をもとに論じられていた、実用上重なる埋設導体の雷インパルス電流に対する電氣的特性の解明に数値電磁界解法を適用することにより、現象を電界、電流の時間空間分布の観点から明らかにすることに成功し、それが多層構成の不均質な大地中の埋設導体や、複数の大型接地電極が埋設導体で接続された大規模な接地システムに雷インパルス電流が流入したときの現象の評価にも有効なことを示したもので、電気工学、特に電力工学に貢献するところが少なくない。

よって本論文は、博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。