

## 通信装置の雷サージ防護対策に関する研究

メタデータ	言語: ja 出版者: 静岡大学大学院電子科学研究科 公開日: 2008-04-18 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 桑原, 伸夫 メールアドレス: 所属:
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10297/1737">http://hdl.handle.net/10297/1737</a>

氏名・(本籍)	桑 原 伸 夫 (岐阜県)
学位の種類	博 士 (工 学)
学位記番号	工博乙第 39 号
学位授与の日付	平成 4 年 2 月 6 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 2 項該当
学位論文題目	通信装置の雷サージ防護対策に関する研究

論文審査委員	(委員長)		
	教授 水 品 静 夫		
	教授 宮 川 達 夫	教授 池 田 弘 明	
	教授 岡 本 尚 道	教授 神 藤 正 士	
	教授 渡 辺 健 蔵		

## 論 文 内 容 の 要 旨

通信線路の近傍に落雷が生じると通信線路端末に数千Vのサージ(雷サージ)が誘起され電話機等の通信装置に被害をおよぼすことがある。特に、近年、科学技術の進歩により、LSI等の半導体部品が多量に使用されるようになってきており、通信装置の雷サージ耐量が年々低下しているので、通信装置を雷サージから適切に防護するための研究は重要になってきている。

本論文は、(1)通信線路端末に現れる雷サージの観測とその誘起機構の理論解析、(2)通信装置の雷サージ試験法、(3)通信装置の雷サージ耐量設定法の三つのテーマに関して、雷防護に関する検討を行っている。

雷サージ観測では、雷サージカウンタ、雷波形自動記録装置、データレコーダ、光技術を用いた雷サージ観測システムを新たに開発して、線路条件、地域、季節と雷サージの関係や線路端末に生じる雷サージ分布を観測した。その結果、雷サージの線路条件に対する依存性は小さいこと、架空線路、地下線路とも同じ程度のレベルの雷サージが生じること、雷サージは主に大地に水平な電界成分により生じること等を明らかにできた。また雷サージ分布の観測から、雷サージの波高値の分布は指数分布で波頭長、波尾長の分布は対数正規分布で近似的に表されることがわかった。

雷サージ誘起機構の検討では、実際の線路構成に近い、地下線路と架空線路が混在した通信線路に対する誘起機構モデルを用いて加入者側端末と局内側端末に生じる雷サージを求める理論式を導いた。その理論式を用いて解析を行った結果、架空線路が一定間隔で大地に接地されていることを考慮すると、雷観測から得られた、加入者側と局内側に発生する雷サージの違いを良く説明できることがわかった。

た。また、この理論式を用いて雷サージの分布形を求めた、求めた結果は雷観測値とほぼ一致することがわかった。

通信装置の雷サージ試験法の研究では、試験を行った被試験装置の雷障害率を推定できる試験回路を求めた。

雷防護設計を行うには、まず、通信装置の雷サージに対する試験法を明確にし、その試験法に基づいて通信装置の試験を行い、その結果から防護回路設計を行うのが合理的である。そのため、サージ発生器とインピーダンスで構成される雷サージ試験器が CCITT 等の国際標準化機関から勧告され使用されているが、従来の試験器はそのサージ波形やインピーダンスの決定根拠が明確でなかったため、試験に合格しても、それが実際の環境下に置いた時にどの程度の障害率を保障できるか不明である欠点があった。

本論文では、この問題を解決するため、通信線路端末に生じる雷サージを模擬する試験回路を検討した。通信線路端末に現れる雷サージは定電圧源と1つのインピーダンス（内部インピーダンス）から構成される等価回路で表すことができる。従って、この定電圧源と内部インピーダンスを求め試験回路を構成すれば、線路端末に生じる雷サージを模擬できる。本論文では、線路端末に生じる雷サージの理論式から内部インピーダンスを表す理論式を求め、この理論式と日本の平均的な線路条件から内部インピーダンスの具体的な値を決定する方法を明らかにしている。また、雷観測より求めた線路端末に生じる雷サージ波形の分布形から定電圧源波形の分布形を求める方法を明らかにしている。さらに、この分布形から、通信装置に印加される雷サージの発生頻度に応じた試験波形を決定する方法を示している。

最後に、実際に雷サージ試験回路を構成し、雷サージ耐力の異なる2種類のボタン電話機を用いて試験を行い、実際の雷障害率と比較した。その結果、推定値と雷障害率との誤差は21～62%であった。

通信装置の雷サージ耐量設定法に関しては、地域により装置の印加される雷サージの発生確率が異なることに着目して、装置の雷サージに対する耐量を地域によって変えることにより対策費の軽減が可能であることを示した。コンピュータシミュレーションを行った結果、通信装置の雷サージ耐量を3段階に設定した場合、日本全土を共通の雷サージ耐量にした場合に比べて、対策費が約半分になることがわかった。

## 論文審査結果の要旨

本論文は、通信装置の雷サージ防護対策について、著者がNTT通信網総合研究所に於て行なった研究の成果を纏めたもので、8章より成る。

第1章は序論で雷サージ問題の背景、これまでの研究、本研究の目的について述べている。NTTの通信設備に発生した障害件数の23%が雷サージ障害で、障害復旧費の19%がその復旧に費やされていることを指摘している。雷の主放電電流(10-110kA)は周囲の空間に電磁界を誘起、地上及び地下に張り巡らされた通信線路に雷サージを誘起し、それが装置の耐電圧を越えれば障害が発生する。

第2章では、電話局と加入者宅内装置を結ぶ通信線路端末に生ずる雷サージの観測について述べている。雷サージカウンタ、雷サージ波形自動記録装置、電撃位置測定装置を用いて雷サージ波形、波形と電撃位置の関係などを観測している。観測は多雷地帯(宇都宮など)、大地導電率の低い地帯(熊本の宮など)、冬雷の多発地帯(金沢など)で行っている。雷サージ電圧波形は三角形に近い。そこで、波高値(典型値:0-400V)、波頭長(波高値に達するまでの時間、典型値:10-50 $\mu$ s)、波尾長(波高値から波形が消滅するまでの時間、典型値:50-300 $\mu$ V)の3つのパラメータにより雷サージ波形を特徴づけ、これらパラメータの分布関数を観測結果から求めている。波高値の累積発生頻度分布は指数関数で、波頭長と波尾長の分布は対数正規分布関数で表すことができることを示した。また、雷サージのパワースペクトル密度は0-10kHzの範囲に分布することを示した。

第3章では光ファイバーを用いた雷サージ波形観測について述べている。通信線路端末に生ずる雷サージの誘起機構を解明するには、1つの雷放電が通信線路の離れた位置に誘起する波形を同時観測するのが有効な手段となる。そのため、著者は光ファイバーを用いた観測装置を開発した。電話交換局、2.8kmの地下線路、2.2kmの架空線路、観測小屋(模擬加入者宅)から成る雷サージ観測線路を栃木県内の道路沿いに建設し、地下線路が地上線路に立ち上がる点の柱上の観測装置内に電気-光変換装置を、観測小屋に光-電気変換装置を設置した。それらを結ぶ線路にはCCPケーブル(color coded polyethylene insulated conductor:直径0.4mmの導線1対で構成する平行対心線10対の束を複数束まとめた電話線)に光ファイバーを組み込んだ複合ケーブルを使用した。雷サージ波形は観測小屋と交換局内に設置した自動記録装置で観測・記録した。観測結果から、架空線路端末に生ずる波形は、雷放電が作る電界の水平(大地と平行)成分が線路に誘起する波形であると解釈出来ること、地下線路の埋没深さが1.5mの時、地下線路端末に生ずる波形と架空線路端末に生ずる波形に大きな差は無いこと、線路の金属被覆(シース)の接地は雷による誘起電圧を抑制するために有効であることを明らかにした。

第4章では、通信線路端末に生ずる雷サージについて詳細な解析をしている。雷放電が作る電界の水平成分が線路のシースと大地が構成する伝送線路に電流を誘起し、電圧降下を生じ、シースと平行対心線が構成する伝送線路に信号電圧を誘起する。これが伝送線路を伝搬し、端末に雷サージを誘起する。著者は、結合した2組の伝送線路等価回路を使い、線路端末に生ずる雷サージ波形を与える式

を導いた。線路の全長、架空線路の長さ、線路インピーダンス、大地の導電率と誘電率、雷撃点と線路の相対位置関係、線路終端インピーダンス、多重反射の影響などが考慮されている。理論式を使い、局側端末と加入者側端末に於ける雷サージ累積発生頻度分布、波頭長の累積百分率、波尾長の累積百分率を計算した。計算結果は実際の観測結果と良く合っている。

第5章は雷サージ試験回路の設計について述べている。試験の目的は、電話機などの装置に実際の雷サージに近い電圧サージを印加して装置を試験し、障害の発生率を推定することにある。雷サージ電圧は、大地と心線間の電圧、心線と心線間の電圧として装置に印加される。両方の電圧印加モードでの試験回路の内部インピーダンスが実際の通信線路の内部インピーダンスと等価となる様に試験回路を設計する。前章の解析結果に基づいて内部インピーダンスを算出し、これを近似する集中定数回路の設計法を確立した。

第6章では、開発した雷サージ耐力試験装置と、それをを用いて行なった試験結果について述べている。通信線の心線径0.4mm、線路長2kmを選んだ場合、線路の内部インピーダンスを、0-10kHzにわたって、250 $\Omega$ 、1mH、60nFと50 $\Omega$ の組合せで近似できることを示した。サージ電源は0-500kVに充電した0.6 $\mu$ Fをギャップ放電する構成である。この試験装置を用いて、ボタン電話機型式1と2の耐雷サージ試験を行い障害発生率=回/(雷雨日・回線数)を推定した。型式1では $2.9 \times 10^{-3}$ 、型式2では $1.3 \times 10^{-3}$ であった。実際に使われているボタン電話機の障害の調査値は、型式1が $2.4 \times 10^{-3}$ 、型式2が $0.8 \times 10^{-3}$ である。本試験法の有効性が実証された。

第7章では、雷多発地帯に強い雷サージ障害対策を施す場合の経済的な対策設定法について論じている。

第8章は結論である。

本論文は電気通信網に生ずる雷サージの特性とその誘起機構の解明、試験装置の開発、障害率の推定に関して新しい知見と技術を提供しており、博士(工学)の学位を授与するに十分な価値を持つものと認める。