

氏 名	佐々木 進之
授与学位	工学博士
学位授与年月日	平成元年4月12日
学位授与の根拠法規	学位規則第5条第2項
最終学歴	昭和26年3月 仙台工業専門学校電気科卒業
学位論文題目	高周波伝送回路用二重巻線の特性改善に関する研究
論文審査委員	東北大学教授 米山 務 東北大学教授 斎藤 伸自 東北大学教授 安達 三郎 東北大学教授 高木 相

論 文 内 容 要 旨

本論文は、種々の高周波伝送回路に使用されているデバイスの基本素子として数多く用いられている二重巻線の研究の対象とし、その長さが有限であるために生ずる“端末現象”を解明することに始まり、二重巻線の特性に及ぼす端末の影響を解析した後、その影響を除去するための巻線法を開発して二重巻線の高性能化および広帯域化を計ると共に、新巻線法を適用して広帯域変成器の実現を試みた結果について述べたものである。

第1章は緒論、第7章は結論であり、本論は第2章から第6章までの計5章から成る。つぎに、本論各章毎の内容を簡単に述べる。

第2章 平衡-不平衡伝送理論に基づく二重巻線の特性解析

まず、円筒形しゃへい体を有する二重巻線を大地上に架設された均一結合2本線路（無損失）に置き換え、平衡-不平衡伝送理論を適用してその伝送を明らかにした後、平衡および不平衡伝送モードのそれぞれについて等価4端子回路を導出し、4端子定数を求めた。

つぎに、これらの定数を用い、二重巻線の平衡および不平衡伝送モードに対する開放、短絡および影像の各インピーダンス、ならびに動作減衰量および位相量を計算した。また、実験による検討をもあわせて行い、得られた測定値と計算値とを比較した結果、両者の間にかなり差異のあることが明らかとなった。なお、その主な原因として、二重巻線が有限長であるために生ずる端末の影響および線導体を取り囲む誘電媒質の影響が考えられる。

第3章 アナログシミュレーションを用いた二重巻線線の1次定数の測定

まず、研究の対象とした二重巻線線に生ずる末端の影響を検討するため、アナログシミュレーションの方法を採用することとし、その原理を明らかにした。

つぎに、モデル製作の簡易性と精度の点から、2次元アナログの1種である導電シート法を用い、円筒形しゃへい体を有する二重巻線線を結合2本線路(無損失)とみなしてその線路定数-単位長当たりのインダクタンスおよび静電容量ならびに特性インピーダンスを測定することによって末端の影響を定量的に把握すると共に、二重巻線線の等価回路を導出した。なお、この場合、二重巻線線の伝送モードを平衡伝送と不平衡伝送とに分け、それぞれの伝送について検討を行ったが、その際に、二重巻線線の巻数、線導体の半径に対するピッチの比、および線半径に対する円筒形しゃへい体半径の比をパラメータとし、線路長、すなわち、線長を変数とした。

第4章 末端の影響を含めた二重巻線線の特性解析

まず、前章で導出した末端の影響を含めた場合の平衡および不平衡伝送モードに対する二重巻線線の等価回路に基づき、それぞれの4端子定数を求めた。

つぎに、これらの定数を用い、両伝送モードに対する開放、短絡および影像の各インピーダンス、ならびに動作減衰量および位相量を計算した。この場合、前章と同じく、二重巻線線の巻数、線導体の半径に対するピッチの比、および線半径に対する円筒形しゃへい体半径の比をパラメータとし、周波数を変数としたが、得られたデータを検討した結果、上記諸特性に及ぼす末端の影響が明らかとなった。また、これと同時に、二重巻線線を取り囲む誘電媒質(ポピン、線導体の絶縁被膜など)をも考慮にいれて特性の計算を行った結果、その影響もまた明らかとなった。

さらに、実験を行い、アナログシミュレーションを基礎とした本解析法の妥当性を証明した。

第5章 末端の影響を除去した新しい二重巻線線

本章においては、前章における特性解析の結果、二重巻線線の高域特性に最も大きく影響することが明らかとなった平衡伝送モードに対する末端現象の除去法を検討した。この場合、その方法として、二重巻線線を構成する対線導体のある傾斜角で巻く方法を提案し、電磁気理論および導電シート法を用いた実験によって最適傾斜角を求めた。

また、導電シート法による実験結果から、種々の傾斜角で巻かれた二重巻線線の諸定数を求め、前章で誘導した理論式に代入して平衡および不平衡伝送モードに対する開放、短絡および影像の各インピーダンス、ならびに動作減衰量および位相量を計算した。

さらに、試作・実験を行い、得られた結果とさきに求めた計算結果とを比較・検討することによって最適傾斜角を確定した。

第6章 新巻線法による広帯域変成器

本章においては、前章で検討した新しい巻線法を応用し、情報の伝送回路を構成する際にしばしば必要となる極性反転用の1: -1変成器、すなわち、逆相形変成器を試作すると共に、対線導

体を水平に並べて巻く従来の巻線法によっても同じ変成器を試作した上、各変成器の特性を測定し、比較・検討した。

また、これら2つの試作変成器の入力に立上りおよび立下り時間が共に速いパルス電圧を印加し、極性反転動作を行わせた後、それぞれの変成器の出力波形を観測し、どの程度忠実に原波形を伝送できるかを検討した。

以上の検討の結果、新巻線法を応用して変成器を製作した場合には、その性能が著しく改善されることが明らかとなった。

審査結果の要旨

情報伝送システムの高性能化には構成素子の広帯域化が不可欠である。二重巻ら線は小型で、応用範囲の広い伝送回路素子として特性向上が望まれているものであるが、その広帯域化を妨げる要因に線路の端効果がある。本論文は二重巻ら線の特性改善を目的に、シミュレーション実験などにより端効果を定量的に把握すると共に、その大幅な軽減を可能にする新しい巻線法を提案し、高周波特性の優れた伝送回路素子の実現に努めた研究の成果をまとめたもので、全編7章よりなる。

第1章は緒論である。

第2章では無限長二重巻ら線を解析し、その結果を実験値と比較することで端効果の影響が著しいことを論じている。

第3章では二重巻ら線の端効果を定量化する目的で、静電界と定常電流界の類似性に着目したシミュレーション実験を行い、線路に沿う特性インピーダンスを決定している。その結果、実用上重要な平衡モードの特性インピーダンスは端効果により線路端の近傍で指数関数的に変化することを見出しているが、これは興味ある知見である。

第4章では前章の結果を基に有限長二重巻ら線の伝送特性を解析し、実験と比較している。指数関数線路部が存在するため、二重巻ら線にはしゃ断域が発生し、また位相歪も顕著であることを指摘し、端効果の除去が二重巻ら線の特性改善に有効であることを示している。

第5章では端効果を軽減するために理論的検討と共にシミュレーション実験を行い、二重巻ら線の対線に50度の傾斜角をつけて巻く新しい巻線法を提案している。この方法で巻いた二重巻ら線では端効果は殆ど除去され、その結果、しゃ断現象は見られず、位相歪も生じないことを確かめているが、これは高く評価できる成果である。

第6章では新しく提案された巻線法による二重巻ら線を用いて変成器を試作し、従来のものに比べて帯域が3倍以上も拡大されるという実用上有用な成果をあげている。

第7章は結論である。

以上要するに本論文は、高周波回路素子として重要な二重巻ら線について詳細に検討し、広帯域化を妨げる要因である端効果を軽減する新しい巻線方法を提案すると共に、広帯域伝送デバイスの開発に成功したもので、伝送工学および通信工学の発展に寄与するところが少なくない。

よって、本論文は工学博士の学位論文として合格と認める。