

博士論文の要旨

専攻名 システム創成科学専攻

氏名(本籍) 野口 卓朗(福岡県) 印

博士論文題名

Schauerの回路とマイクロコントローラを組み合わせた簡易型微小位相差計測回路に関する研究

要旨

近年、半導体微細加工技術の進歩に伴う素子の微細化により、集積回路の高速化・多機能化が進んでいる。自然界に存在するあらゆる情報はアナログ量であり、これらのアナログ信号を捉えるためのセンサー回路や信号処理回路ではアナログ回路が重要である。

このようなアナログ信号処理回路において、アナログ信号の高精度な測定及び評価を実現するためには、振幅レベルのみでなく位相情報の検出も不可欠である。信号間の位相差の計測・検出は電気工学、物理化学、薬学、農学、生物学、公害防止等あらゆる分野において、分析機器、測定機器、検出機器等に用いられている。さらに、電力や生体等の分野においては、微小な位相差の計測が切望されている。特に生体分野においては呼吸計測、心拍観測等にインピーダンス計測が用いられており、これらの情報をリアルタイムでモニタリングするシステムが求められている。このような日常生活における様々な場面で微小位相差計測を行なう場合には、小型で可搬性に優れたシステムが適している。しかし、一般に位相差計測に用いられるロックインアンプやネットワーク・アナライザ等の計測機器は大型で据置での利用を前提としている。また、価格も一台数十万円～数百万円と高価であり、一般家庭等での利用を想定した場合に現実的ではない。

これらの問題点を解決する可能性のある回路として、小型で可搬性に優れた Schauer の回路が提案されている。この回路は微小位相差計測に特化した回路であり、オペアンプと抵抗器のみで実現可能なため、非常に安価に構成することができる。2つの信号間の位相差を振幅情報に変換して検出できることが特長であり、振幅レベルが最小になるように可変抵抗を調整することで微小位相差を計測することができる。

そこで筆者は、この Schauer の回路を用いた簡易型微小位相差計測回路を提案し、その応用に関する研究を行なっている。提案回路の妥当性について、超電導コイルの交流損失測定への応用を通して検証してきた。本研究室では、簡易型微小位相差計測回路を用いてコイルに流れる電流と電圧の位相差を測定することで、超電導コイルの交流損失を測定する方法を提案している。現在までに、簡易型微小位相差計測回路に 90 deg 移相回路を付加して超電導コイルの交流損失の計測を行ない、成果の一部を得た。しかし、位相差が小さくなるにつれてマイクロボルトオーダーでの細かい振幅調整が必要となり、可変抵抗の手動調整は面倒であるほか計測者による人因性誤差の要因となってしまう。これらの問題を解決するために計測の自動化についても並行して研究を行っており、現在までに PIC (Peripheral Interface Controller) や FPGA (Field Programmable Gate Array) を用いた自動振幅調整回路を付加する方法を検討してきた。これにより振幅の自動調整が可能となり、測定の自動化が実現された。しかし、この簡易型微小位相差計測回路と自動振幅調整回路を組み合わせた構成では、被測定物に十分な電流を流すことができないという問題点があった。さらに、従来の自動振幅調整回路では ADC と DAC がデジタル回路部分から独立しており、回路構成が複雑になってしまい制御が煩雑であった。

博士論文の要旨

専攻名 システム創成科学専攻

氏名 野口 卓朗

本論文では、小型で可搬性に優れた Schauer の回路をベースとした簡易型微小位相差計測回路に関する研究を行なう。

第2章では、本論文で提案する「簡易型微小位相差計測回路」の基本となる Schauer の回路の動作原理について述べる。さらに、超電導コイルの交流損失測定への応用について検討し、電圧電流変換回路を付加した測定回路についてシミュレーションにより動作を確認する。

第3章では、電圧電流変換回路を付加した微小位相差計測回路の高性能化について検討する。まず、AB級電流バッファを付加して被測定物への供給電流量を増加させる方法を提案する。さらに、測定精度を向上させることを目標に、周波数通倍回路によって測定周波数を拡大し等価的に位相差を拡大して測定する方法を提案する。

第4章では、測定を自動化するための自動計測システムと自動振幅調整プログラムについて検討する。Schauer の回路とマイクロコントローラを組み合わせた新たな自動振幅調整回路を提案し、自動計測実験により動作を検証する。

第5章では、簡易型微小位相差計測回路の応用として生体インピーダンス計測に用いる方法について検討する。膀胱内尿量に応じたインピーダンスと膀胱形状に応じた膀胱の左右2点の電圧の位相差の変化傾向を非侵襲で求める回路を提案し、生体計測実験により動作を検証する。

本論文により、Schauer の回路とマイクロコントローラを組み合わせた新たな自動位相差計測回路を提案し、測定精度を向上させることができた。さらに、簡易型微小位相差計測回路を生体イ