

別紙1 (博士論文の審査結果の要旨)

専攻名 システム創成科学専攻

氏名 野口 卓朗

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のためには、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・生物学等のあらゆる分野の分析機器・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・心拍観測等に位相差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。さらに、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は現実的ではない。

これらの問題点を解決する可能性のある回路として、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する点が特徴であり、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。

これまで、この Schauer の回路を用いた簡易型微小位相差計測回路とその応用に関する研究がおこなわれており、この回路の妥当性は超電導コイルの交流損失測定への応用を通して検証されている。この回路では、簡易型微小位相差計測回路に 90°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っているが、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な振幅調整が必要となり、可変抵抗の手动調整は面倒であるばかりでなく、計測者による人因性誤差の要因となってしまうという問題があった。これらの問題を解決するために、FPGA (Field Programmable Gate Array) 等を用いた自動振幅調整回路を付加する自動計測方法が提案されている。しかし、この構成にも、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、従来の構成では ADC と DAC がデジタル回路部分から独立しており、回路構成が複雑で制御が煩雑であった。

以上のような課題に対して、本論文では小型で可搬性に優れた 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を行っている。

第1章は序論であり、研究背景と目的および本論文の構成について述べている。

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説明している。また、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している。

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している。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が提案されている。また、測定精度を向上させるために、周波数逡倍回路により測定周波数を上げ、等価的に位相差を拡大する方法を提案している。