

位相特性を微調整可能な電気差分グラジオメータ用 FLL 回路

FLL circuit with fine-tunable feedback resistor for electrical gradiometer

¹超電導工研, ²九大システム情報, ³石油天然ガス・金属鉱物資源機構○塚本 晃¹, 波頭経裕¹, 安達成司¹, 押久保靖夫¹, 円福敬二², 杉崎真幸³, 荒井英一³, 田辺圭一¹¹SRL-ISTEC, ²Kyushu Univ., ³JOGMEC ○A. Tsukamoto¹, T. Hato¹, S. Adachi¹, Y. Oshikubo¹,K. Enpuku², M. Sugisaki³, E. Arai³, K. Tanabe¹

E-mail: tsukamot@istec.or.jp

【はじめに】2つのSQUIDセンサーからの信号を差分する電気差分式グラジオメータは、HTS-SQUIDで同軸型やベースライン長が長いグラジオメータを構築するのに有効な方式である。しかしながら、素子特性がほとんど等しい2つのSQUIDを用いた場合でも、2つのフィードバック系で位相特性に有意な差が生じ、これがバランス調整の限界を決めている[1]。フィードバック回路の位相特性は

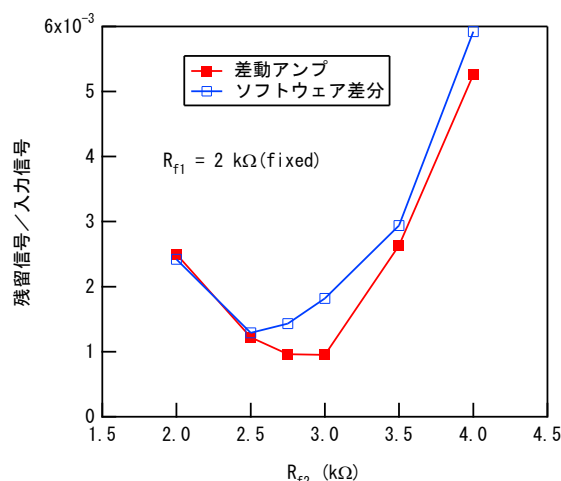
$$f_c = dV/d\Phi \cdot G \cdot 1/(2\pi \tau_{int}) \cdot M_f/R_f$$

(τ_{int} : 積分機の時定数, G : プリアンプゲイン, M_f : フィードバックコイルとの相互インダクタンス)で表される、高域遮断周波数(f_c)に帰属する。今回、フィードバック回路での位相特性を調整するため、フィードバック抵抗(R_f)を微調整可能なFLL(Flux Locked Loop)回路を開発し、その効果を確認できたので報告する。

【実験方法】DOIT(Direct Offset Integration Technique)方式のFLL回路にデジタル・ポテンショメータを組み込むことで、制御ソフトから R_f を1k Ω から100k Ω まで20 Ω 刻みで調整できるようにした。2つのHTS-SQUIDマグネトメータに同じ磁場(220Hz正弦波)を印加し、差分の係数を調整可能な差動アンプ(あるいは、各SQUIDの信号をAD変換後、ソフトウェアで差分処理)で出力振幅(残留信号)が最少となるように差分の係数を調整した。 R_{f1} (SQUID1)を2k Ω に固定し、 R_{f2} (SQUID2)を変化させ残留信号の R_{f2} 依存性を調べた。

【実験結果】図1に差分係数調整後の残留信号と入力信号の比の R_{f2} 依存性を示す。 $R_{f2}=2.74\Omega$ 付近で残留信号が最少となり、入力信号の1/1000以下となった。残留信号の波形を調べると、残留信号が大きい条件では、位相がずれた入力磁場の周波数成分が残留していたが、 $R_{f2}=2.74\Omega$ では入力磁場の周波数成分の信号はほぼ完全に消失していたが、2倍高調波成分が残留していた。以上の結果から、 R_f を調整することにより、これまでバランス調整限界の要因となっていた位相がずれた入力周波数成分の信号を除去できたが、新たな限界として高調波成分が残留することがわかった。SQUIDの信号が歪んでおり、2つのSQUIDで歪みの程度が異なるために高調波成分が残留したと考えられる。より高いバランスを得るためには、SQUIDの信号歪みを低減することが必要になる。

【謝辞】本研究は、経済産業省の資源探査技術開発事業として、石油天然ガス・金属鉱物資源機構(JOGMEC)の委託により実施したものである。FLL回路の試作にご協力いただいた日立中研 神島明彦氏に感謝いたします。実験にご協力いただいた東京電機大の寺岡雅之君に感謝いたします。[1]M. A. Espy et. al., IEEE trans. Appl. Supercond. 9 (1999)3302.

図1 残留信号/入力信号比の R_{f2} 依存性