

(2)「フィールド用微小電流測定技術の研究開発」

1. 研究のねらい

近年、省エネルギー化が強く求められ、電機電子分野においては低消費電力化を目的とした技術開発が展開されており、電子機器類の電源電圧では、36V→24V→12V→5V→3.3V→3.0Vのように低電圧化が進んでいる。計測制御技術では、センサの出力を測定し、被測定物の状態を知ることが必要不可欠であるが、センサ出力は未だアナログ出力の形態が多く、A/D変換技術が広く利用されている。世界的に多用されているPICマイコンでは、電源電圧をリファレンシャルとして利用していることが多く、センサ出力の電圧変動が1.0mV以下のような状況で利用される事例は極めて少ない。

例えば、ひずみゲージ、熱電対、バイオセンサ、金属探知機検出部、光通信用途にも利用される受光センサ等では、感知した微小な電圧もしくは電流を使用範囲でユーザが利用しやすいとされる0~5Vや4~20mAの範囲まで無理やり増幅させたアンプ機能内蔵型となっているのが実態である。微小電圧・電流を直接マイコンで測定可能となれば、センサ開発に必要な半導体部品は減少し、低コスト化が図れる。また、回路上で使用する電力を低減できれば、さらなる省エネルギー化も図れる。こと微小電流測定では、電流電圧変換が必須であるが、この変換工程で微小な電氣的ノイズと一緒に増幅されるため、S/N比が低下することから、微小電流を取り扱う技術開発は、微小電圧に比べて困難である。ゆえに、PICマイコンのような汎用的なワンチップマイコンを使用した測定実績は少なく、高価な専用測定装置等を利用することが一般的となっている。

そこで、本研究ではPICマイコンを利用した、微小電流測定技術について実験的検討を行い、取扱可能なセンサ入力範囲について明らかにし、産業応用の可能性について検討する。

2. 研究の方法

当初の計画に基づき、以下の調査・検討を行なった。

- 1) PICマイコンのリファレンシャル電圧とA/D変換機能の特性確認
- 2) 微小電流測定回路の試作・実験
- 3) フィールド利用についての検討
- 4) ノイズ対策についての検討
- 5) 産業応用可能性の検討

3. 研究成果の概要

- 1) 本研究では、10bitのA/Dコンバータが搭載され、内部クロックでも動作可能であり、かつ小型なため、研究開発や製品化用途で利便性が高い、8pinのPIC12F675を用いた。A/D変換機能特性確認用の試験回路は、リファレンシャル電圧(Vref)と入力電圧を可変できる構成とし、PICではサンプリングタイムを約1秒に設定した。また、A/Dチャンネルの違いによる誤差を確認するため、入力電圧を2つのA/Dに入力し、1分間以上測定した。はじめに、汎用条件としVref=5V、Vin=0~5V(0.5V刻み)とし、Vin値はデジタルマルチメータにて同時測定をした。その結果、Ch1.、Ch.2の平均値で見ると、入力電圧(Vin)に対する測定電圧(Vm)の近似直線式は、ともに $V_m=1.0001V_{in}$ 、 $R^2=1$ となり、測定精度が良いように思われる。しかし、瞬時値で見えた場合、デジタルマルチメータの表示は1LSB以下でわずかな変動がみられるだけであったが、PICのA/D値は-4~+6LSB範囲に分布しており、周期的な変動とは見受けられなかった。また、チャンネル間の誤差は、絶対値で最大5LSBであり、瞬時値としてはバラツキが多かった。次に、Vin=0~100mV(10mV刻み)とし、Vrefを1V、3V、5Vに設定し、VrefとA/D値との関係について実験した結果、平均値ではそれぞれ $R^2=0.995$ 以上となったが、瞬時値の変動はVref=1Vの時、A/D変化値が-15~+17LSBと最大範囲に分布したが、電圧値としては-14.7~+16.6mVと最小範囲にとどまった。この結果から、Vrefを低くするほど、デジタル誤差は大きくなるが、電圧値としての誤差は小さくなる傾向にあることがわかった。
- 2) 微小電流測定では、電流源を用い、電流電圧変換回路(オフセット機能付)を介して、電流入力(Iin)に対するVmを求めた。初期値確認では、電流源と回路を接続しない状態(解放)において、A/D値はオフセット電圧(Voff)近傍±5bit程の変動幅で推移していたが、電流源と回路を接続した状態では、A/D値の変動幅が±125bitまでに広がった。他社の電流源を接続した場合でも、変動幅の増加現象が生じた。この対策は、負荷ごと講じる必要があると考えられるため、今回は平均値評価を行った。そして、Iin=0~10nA(1nA刻み)を測定した結果、近似直線式はCh.1、Ch.2ともに $R^2=0.993$ 以上で一致しており、平均値測定ではnAオーダーの測定にも有効であると思われる。
- 3) 以上より、直流測定であれば、ファームウェアソフトで演算した平均値を用いることによってフィールド利用も可能と思われる。また、試験回路を電磁ノイズシールドケースに

入れ、波形を観測したところ、ケースの効果は認められなかったことから、まずは瞬時値変動の負荷にあわせた対策を講じなければ、実質的なノイズ検証は難しいと思われる。瞬時値変動・ノイズ対策を実施しなければ信頼性向上にはつながらないが、nAオーダーの測定が可能であることから、電場変化を感知するような食品異物検査用機器の研究開発等に有効であると思われる。

担当者 村田政隆、菅原智明、松村一弘