

超音波を使った気密検査手法の開発

1. 目的

本研究開発の目的は、知的財産創出支援特別研究事業において、水中に浸漬させた機械部品などの気密性を超音波技術を使って精査する技術の開発を行うことである。

これまでの開発では、超音波を送受信する回路のノイズやセンサの耐液性などの問題から実現には至っていなかった。

2. 方法

1) 送受信回路の製作

本研究開発では回路基板のSNRを向上させるために面実装部品を使った多層基板を外注製作することとし、基本回路から部品選定に至るすべての作業を再考することとした。

送信回路では、正弦波発振回路をCMOS発振回路から歪みとスイッチングノイズの小さい無調整発振回路に変更し、出力を高速オペアンプでバッファリングした。バースト正弦波の生成には、無調整発振回路の正弦波出力を従来と同様にアナログスイッチでON-OFFすることによりバースト化した。従来のパワー送信部は、高速オペアンプとダイヤモンド型AB級プッシュプル増幅回路による2段増幅を採用していたが消費電力が大きくノイズを増やす原因ともなっていたので、シンプルなB級プッシュプル増幅回路に変更し、出力を高速オペアンプにフィードバックさせることで、波形の安定性と追従性を高めた。さらに、同調コイルによる出力段のアイソレーションとインピーダンスマッチングを図ってノイズ低減と省電力化を実現した。

受信回路ではSNRを大幅に改善するために、高精度高安定なインストルメンテーションアンプ（計装増幅）回路を構成し、入力も差動入力とした。アナログ入力の切換には正負電源タイプのマルチプレクサを用い、入力保護リミッタも設けた。最終出力にはゲイン調整アンプを正帰還で搭載し、併せてローパスフィルタとカップリングコンデンサによるDCカットも行うよう設計変更した。

この結果、完成した送信回路基板の消費電力は、送信時の実測で±15V系が従来比約1/15の±127mA、±5V系が+18mA、-15mA、デジタル5V系が120mAであった。また、受信回路のSNRは40dB程度改善した。

2) 超音波センサの製作

従来の超音波センサはアルカリ溶液に対する耐液

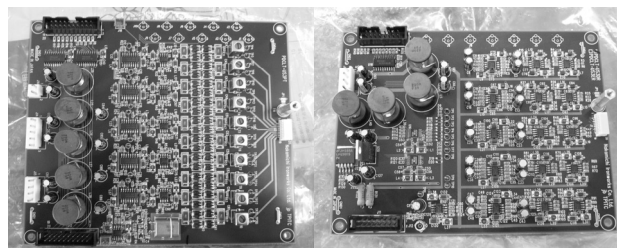


図1 製作した送信基板(左)と受信基板(右)

性に乏しく、15%アルカリ溶液の60°C500時間の連続浸透試験において、充填樹脂の硬化減縮と内部配線の腐食断線などが認められた。このためセンサメーカーと協議し、ステンレスフィルムをセンサ放射面に取り付けステンレス製のセンサ筐体とレーザ溶接で密閉することにより耐液性を確保することとした。

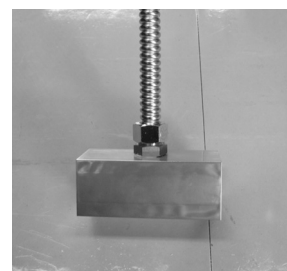


図2 超音波センサ

3. 結果とまとめ

実水槽を使った超音波の送受信テストでは、送信回路の最終段出力約10Vppに対し、透過受信回路での増幅後の受信信号が台形状になってしまい送信パワーが強すぎる事が判った。反射波受信回路での増幅後の受信信号は、高周波ノイズやリップル揺らぎなどのない安定で良好なSNRであった。

実際にφ0.5mm程度の気泡が3個ほど常時水面に浮遊する程度の気泡の検出を行った結果、反射型受信回路では顕著な変化を観測し、水流の影響も受けなかったが、透過型受信回路では変化が認められなかった。気泡の検出領域は反射型の場合、超音波の照射方向にセンサから約200mmまでと約350mm以上の範囲で不感帯があり、垂直方向には2つ程度離れたチャンネルでも気泡の有無を検出できた。

今後、送受信基板の増幅度などのパラメータ調整やスキャン方法、検出領域（不感帯）の厳密測定など取り組まなくてはならない課題は多く残っているので、今後も研究開発を継続していく予定である。