

リーク量の検査判定システムの開発

1. 目的

機械部品の気密検査は、機械、電機、資源エネルギー、食品など多岐にわたる業界で行われ、多くの場合、全数目視検査を行っている。中でも自動車や電機などでは検査対象部品を液中に沈めてその内部をエアーで加圧して液中に漏れ出る気泡を目視で検査する方法(浸漬式目視検査法)が用いられており、自動化が強く望まれている。その市場規模は国内だけでも数百億円以上と言われており、各社が検査装置の開発に力を入れているが、まだ不十分で普及には至っていない。

これまでの研究開発で、リーク気泡に超音波を照射すると気泡の量を計測することが出来る技術を新たに開発(特許出願中)した。この方式は目視の代わりに超音波を使ったもので、従来と同様の浸漬式であるため既存の検査工程に導入しやすく、アルミやカーボンなどの複合材料にも適用でき、検出精度も高い。

本年度の研究では、昨年度開発した送受信基板やセンサを使って、実水槽での評価を行いその検出能力について評価する。

2. 方法

昨年までの研究で試作した超音波送受信回路と超音波センサを実水槽に組みつけて、送受信テストを行った。テストでは、送信パワーの強弱による受信パワー・波形の変化について調べた。

この結果、送信パワーは比較的弱くても十分な受信パワーがあることが判った。このため、送信側のゲインを部品交換すること無く、チョークコイルのインピーダンス調整により波形歪の少ない最小出力となるよう $11V_{p-p}$ に調整することとした。これにあわせて受信基板の増幅ゲインも後段の ADC の入力士 $1V_{p-p}$ 範囲内となるように、透過波受信基板 (PDCLT-US3DR) の R5, 16, 27, 38, 49, 71, 82, 93, 104 をそれぞれ $10k\Omega$ から $5.6k\Omega$ へと変更し、total ゲインを $5.4 \rightarrow 8.86$ に増やし、CMRR (同相入力電圧除去比) は $270 \rightarrow 443$ に改善した。同様に反射波受信基板 (PDCLT-US3ER) の R5, 16, 27, 38, 49, 71, 82, 93, 104 をそれぞれ $1k\Omega$ から $3.9k\Omega$ へと変更し、total ゲインを $442.2 \rightarrow 115$ に落とし、CMRR (同相入力電圧除去比) も $16080 \rightarrow 4184$ に落とした。さらに R123 を $100k\Omega$ から $3.9k\Omega$ へ、R124 の $1k\Omega$ は除去し、OP-Amp も THS4022 からユニティゲイン用の THS4012 に変更してノイズ特性を改善した。

そして、予備も含め、必要な数の送受信基板各 5 枚を追加製作し、送受信の再調整を行った。

3. 評価実験とまとめ

実際に気泡を発生させて、送受信回路の特性と気泡検出能力の評価実験を行った。送受信回路の波形の安定性・歪みは理想的で、SNR も max140dB と非常に良好であった。ただし、受信された基本信号は発振精度や共振点のズレから、 $1.86MHz$ と周波数が 2% ほど低くなっていた。

次に、気泡検出の可能性評価を行った。検出に際しては $\phi 0.5mm$ 程度の気泡が 3 個ほど常時水面に浮遊する程度の少量リークを用いた。その結果、気泡発生に伴う受信波の変化を観測した。この変化は、気泡の量に相当した変化を示し、特許申請中の理論を実現した画期的な成果であると言える。

また、検査対象物を浸漬させたときには、水槽内の液体が攪拌され水流が生じるこのときの水流の影響についても実験を行い、受信波形の異なる変化を観測したことから、外乱の影響は排除可能であると考えられる。

これまで、反射波受信基板においてのみ、気泡発生に伴う受信信号の変化が見られていたが、今回の実験では、気泡がある場合には、気泡の水中での振動に合わせて受信波形が変化していることが新たに判った。

本研究では、試作したセンサや基板類を用いてリーク検出に必要な要件を満たす性能が実現できていることが確認された。これにより商品化におけるほとんどのハードルをクリアしたことになる。

後は、処理部の製作を残すのみで、処理時間や誤検出の排除など難易度の高くないハードルが想定される程度である。

エンジニアからの早期商品化の強い要望が寄せられており、外注や社内技術者の養成なども行い、早期の完成を目指したい。