

音響管を用いたレベルスイッチ

赤池 誠規 鈴木 郁
法政大学理工学部創生科学科

1. はじめに

音響管を利用したレベルスイッチはタンクや容器の上部から差し込めるため、設置やレベルの設定が容易である。音響管の長さに応じた適切な周波数の正弦波でスピーカーを駆動すれば、スピーカーの電気的インピーダンスの変化により、音響管のスピーカー接続ではない方(他端)が液体等で閉じられているか否かがわかる可能性がある。図1に装置の概要を示す。

2. 位相差検出方法

他端が液体等で閉じられ閉管になると、電気的インピーダンスの変化と同時に、スピーカーに加えた電圧と電流の位相差も変化するので、図2に示した回路により、その検出を行う。位相差が大きいくほど、出力のデューティ比が大きくなる。

3. 電気的インピーダンスの測定

実用性とは別に理論的解析の為、電気的インピーダンスの測定を図3に示した回路により行う。Vi を入力、Vo を出力とした、位相とゲインの伝達関数よりRsとLsを導出するとRsは

$$R_s = -1 + 10^{\frac{-Gv(\omega)}{20}} \cos \varphi(\omega) \quad [\Omega]$$

となり、Lsは

$$L_s = -\frac{1}{\omega} 10^{\frac{-Gv(\omega)}{20}} \sin \varphi(\omega) \quad [H]$$

となる。ここでφ[deg]は位相、Gv[dB]はゲイン、ω[rad/s]は角周波数である。

動作確認のため周波数 1kHz で電圧と電流の位相差が最小となる音響管の作成をした。その結果、音響管の長さは 32.5cm となり、開口端補正 1.9cm を含めると 34.4cm となる。位相差測定をした結果、開管時では 1.3deg であり閉管時では 2.1deg となり増加した。作成した音響管を用いて、インピーダンス測定を周波数 500Hz から 1.5kHz まで行った。開管および閉管の両者において、共鳴する周波数域においては Rs, Ls ともに変化が大きかった。周波数 1kHz ではRsに関してはあまり変化がみられなかったが、Lsは開管時に 258 μH であり閉管時では 294 μH と増加がみられた。

4. 開管と閉管の音圧分布

現象の理論的裏付けのためマイクロフォンを用いて音響管内の音圧を測定し、空気粒子の速度分布を描いた。速度分布における腹では、圧力変化が小さく、節では圧力変化が大きい。周波数 1kHz でスピーカーに加えた電圧と電流の位相差が最小となる 32.5cm の音響管を用いた。その

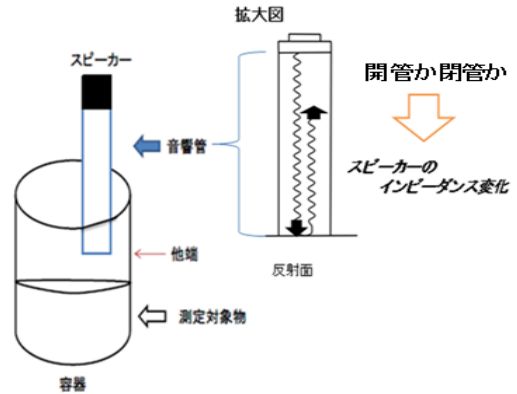


図1 音響管を用いたレベルスイッチ

結果、開管時の速度分布は図4のように、等分割できる綺麗な定在波が描かれたが、閉管における速度分布は図5のように等分割が出来ないような波形になった。

5. まとめ及び今後

電気的現象および音響管現象の観点から考えると、音響管は閉管時に比べ開管時では効率よく放射する。加えて、開管が閉管と変化すると同時に電圧と電流の位相差は閉管時に大きくなる事が分かった。つまりレベルスイッチの実用化として、初めに音響管が開管時に電圧と電流の位相差を最小となる周波数を設定することで、閉管になった際のスピーカーの効率低下に伴う位相差変化から、音響管が開管なのか閉管なのかが区別できると同時に、測定対象物がどの程度容器に満たされているのか検出できる。今後は反射物や温度による違いとその対応についても考えていく必要があると思われる。

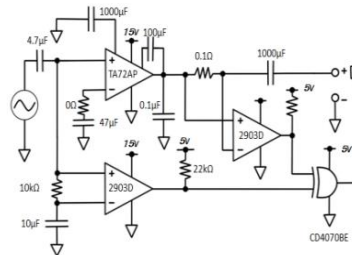


図2位相差検出回路

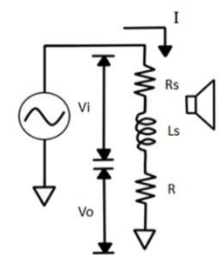


図3インピーダンス測定回路

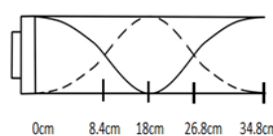


図4 1kHz 開管の定在波

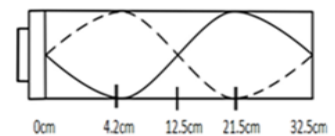


図5 1kHz 閉管の定在波

参考文献

[1] 山本電機工業株式会社

<http://yamaden-sensor.jp/technology/level.html>