

超音波式渦流量計 - UYF200

Ultrasonic Vortex Flowmeter "ULTRA YEWFLO - UYF200"

| | |
|---------------------------------------|--|
| 川野 高志 ^{*1} KAWANO Takashi | 松永 義則 ^{*1} MATSUNAGA Yoshinori |
| 安藤 哲男 ^{*1} ANDOH Tetsuo | 安松 彰夫 ^{*1} YASUMATSU Akio |

超音波を利用して、流量に比例した渦の周波数を測定する液体専用の超音波式渦流量計“ULTRA YEWFLO”を開発した。この流量計は、可動部が全くないため、流体や配管の汚れ等によるつまりの影響を受けないシンプルな構造になっている。圧電素子を使って管路の外側から超音波を送受信させるため、配管の振動等の影響を受けず、さらに、センサーはオンラインでメンテナンスが可能な、オンラインセンサリプレーサブル構造である。

また、渦発生体の形状を見直すことで、高精度化を実現した。信号処理は、位相復調方式で、マルチリファレンス処理を考案したことにより、流体、温度、口径等によらず1種類のアンプで信号処理ができるようになった。本稿では、測定原理、構造及び信号処理について述べる。

We have developed ultrasonic vortex flowmeter "ULTRA YEWFLO", whose usage is specified for the liquid. This flowmeter detects the vortex shedding frequency in proportion to flowrate. This flowmeter is not affected by the clogging caused by slurry fluid or rust inside the pipe because there is no movable part.

Because the supersonic wave was transmitted and received from the outside of pipeline by using the piezo-electric elements, it is not affected by the pipe vibration and the sensors is can be maintained and replaced in operation. We reconsidered the shape of shedder bar and high accuracy was achieved. The signal processing is the phase modulation method and could be done by the multi reference processing in a kind of amplifier without regard to the fluid, the temperature, and the sizes, etc.

In this paper, the measurement principle, the structure, and the signal processing are described.

1. はじめに

渦流量計は、1970年代になってから実用化がなされた比較的歴史の浅い流量計であるが、機械的な可動部分がなく、メンテナンスフリーという特長から、石油化学プラントを中心に幅広く使われている。当社は、70年代以前より渦流量計の研究・開発に着手し、1979年に製品化した工業用渦流量計“YEWFLO”は、現在、世界4拠点にて生産されており、今日までの出荷台数は14万台にのぼる。

現行のYEWFLOは、渦により渦発生体に発生する応力を検出する方式を採用し、同一の検出部で液・ガス・スチームの測定が可能であり、流体温度範囲が広く、堅牢な構造が特徴である。⁽¹⁾また、応力から質量流量を測定す



図1 ULTRA YEWFLOの外観

*1 センサ流量計技術部

することも可能である。(2)しかしながら、原理上、振動の影響を皆無にすることは難しく、また、液体での使用時に付着物等による感度低下が懸念されていた。また、渦発生体と検出部が一体となっているため、構造は単純なものの測定流体を止めることなくセンサを交換すること(オンラインリプレイス)は困難であった。

従来型のこれらの課題を解決するために、渦を管路外から超音波で検出する方式の液体用の渦流量計“ULTRA YEFWLO”を新たに開発したので報告する。図1は開発した製品の外観を示したものである。

2. 渦の測定原理

流体中の渦発生体の下流には、規則的な交番渦が形成される。この渦の周波数 f は流量 Q に対して、次式の関係にある。

$$f = K \cdot Q$$

ここで、 K は K ファクタと呼ばれ、渦発生体を適切な形状にすると広いレイノルズ数領域でほぼ一定の値を取り、渦周波数 f から流量 Q を求めることができる。

次に図2において、超音波による渦の検出について説明する。

管内に流れがある場合、渦発生体の下流には交番渦が放出されるため、蛇行流が形成される。この蛇行流の超音波透過方向の流れの変化により、超音波の到達時間すなわち位相が渦の周期で変化する。このときの位相変化の振幅は、渦による角周波数をとると、次式で表される。

$$= (2 \cdot f_c D m V / C^2) \cdot \sin t$$

ここで f_c : 超音波の周波数

D : 配管内径

m : 変調係数

渦発生体形状、センサ位置等により決まりほぼ一定値

V : 流速

C : 静止流体中の超音波の音速

超音波式渦流量計はこの位相変化の周波数から渦を検出する位相復調方式を採用している。従来の応力検出方式では信号の大きさは流速の2乗に比例する関係であるのに対し、位相復調方式では流速に比例しており、低流速での信号処理の点で有利である。また、位相復調方式のため、原理的に振動の影響を受けないこともあり、耐振性は従来の応力検出方式と比較して大幅に向上しており、より低流量域の測定が可能となっている。

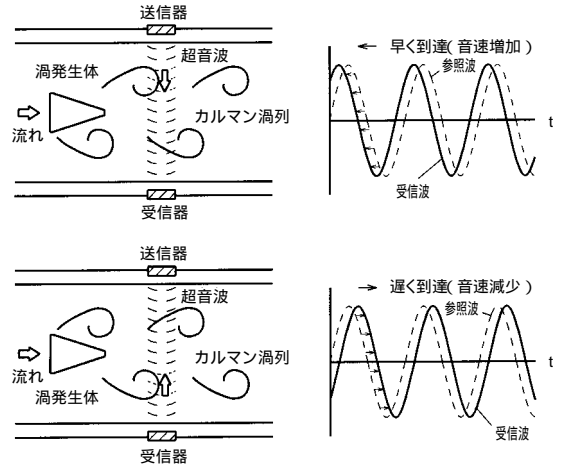


図2 流れによる位相の変化

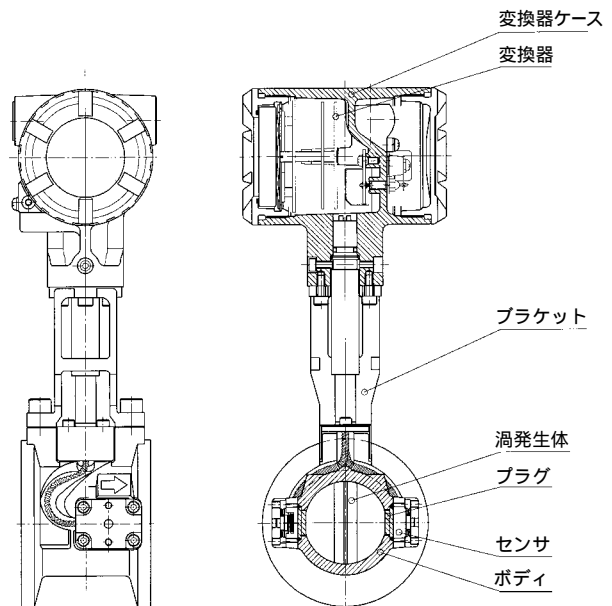


図3 ULTRA YEFWLOの構造

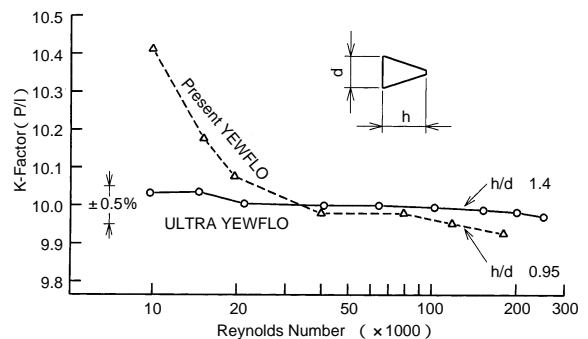


図4 流量特性(口径:50mm, 流体:水)

3. 構造

超音波式渦流量計の構造を図3に示す。

3.1 ボディ

測定流体の通る管路部はウエハタイプ、フランジタイプとも渦発生体を含めてロストワックス一体鋳物で構成されている。

管路の超音波透過部はプラグ溶接構造として、鋳物材料による超音波の減衰を小さくし、管路を伝わる漏洩超音波を小さくする事により、受信波のS/N向上を図っている。センサ部は、管路の外側にセンサを押しつける構造なので、非接液でシール部分等がなく、液漏れに対して信頼性の高い構造となっている。そのため、万一のセンサ故障時にも流体を止めることなくセンサの交換が可能となった。(オンラインリプレサブル構造)

また、渦発生体については形状を見直すことにより、図4に示すように、特に液体での使用の可能性の高い低レイノルズ数領域での流量特性を改善した。

3.2 センサ

圧電素子(PZT)を用いた超音波送受信器はYAGレーザを使用した溶接構造のステンレス製容器(ホルダ)に納められており、耐環境性に優れた耐圧防爆構造となっている。ボディのプラグ部やホルダの超音波透過部分については、厚さを波長の1/2の整数倍としており透過効率が最大となるように設計されている。ボディとの接合部については、耐熱性に優れたシリコンオイルコンパウン

ドを整合材としている。また、後述するマルチリファレンス方式を採用したため、口径や音速により超音波の周波数を変える必要がなく、センサについてはリード線保護管の長さが異なるのみで、その他の部分については全口径共通となっている。

3.3 変換器ケース

変換器はASIC化により小型化され、このためケースについても、当社伝送器のEJAシリーズとほぼ同等の小型化が可能となり、ケース重量は従来のYEWFLOWと比較して60%程度に軽量化されている。

4. 変換器

4.1 ブロック図

図5に変換器のブロック図を示す。

CPU内蔵で、口径によるフィルター設定や音速によるゲイン、ゲートの自動設定が可能となり、流体や口径によらず変換器は1種類である。

また、出力方式は、アナログ出力、接点パルス出力、またはその両方の同時出力が可能となり、特に、従来の機種ではできなかったパルス出力でのオンライン通信を実現した。

4.2 位相復調処理

送信波から渦波形を復調するまでの信号処理の概念を図6に示す。送信周波数1.2 MHzで送信器から発せられたバースト波は、流体内で渦により位相変調を受け、受信器により受信される。この変調を受けた受信波をパルス化し、ゲートによりある一部分の信号だけを取り出し、位相比較器、及びサンプルホールド回路により復調され、渦波形を得る。

さて、一般の位相復調方式は、位相変化が大きい場合には、信号処理が不可能となる。これを可能としたのが、マルチリファレンス方式である。構成図を図7に示す。

マルチリファレンス方式では、 $\pi/2$ (rad)づつ異なった位相比較器を4つ持っている。位相変化が 2π 未満の場合は、1つの位相比較器で信号処理が行われるが、 2π 以上の場合には、2つ以上の位相比較器の共同作業で信号処理を行う。

図8は、位相変化が 3π の場合のそれぞれの位相比較器のサンプルホールド回路後の波形を示している。各位相比較器(~)の太線のところが出力選択回路により選択され、結果的に、

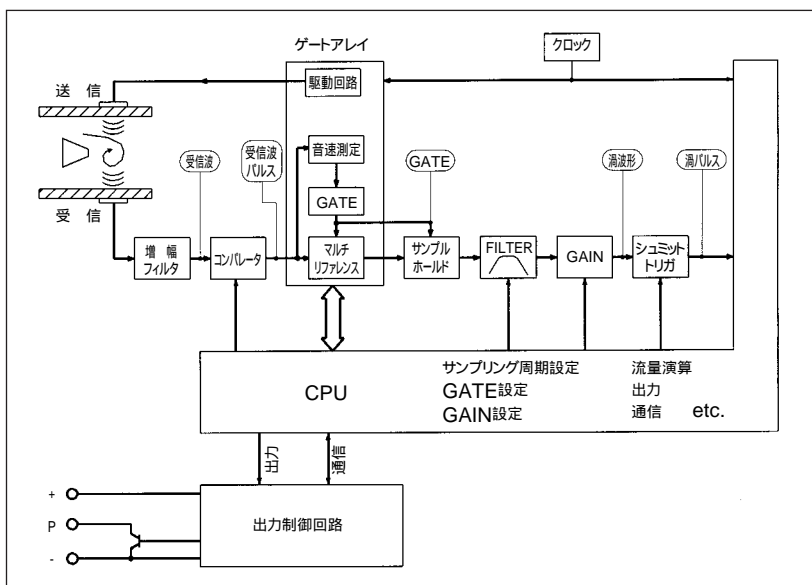


図5 回路ブロック図

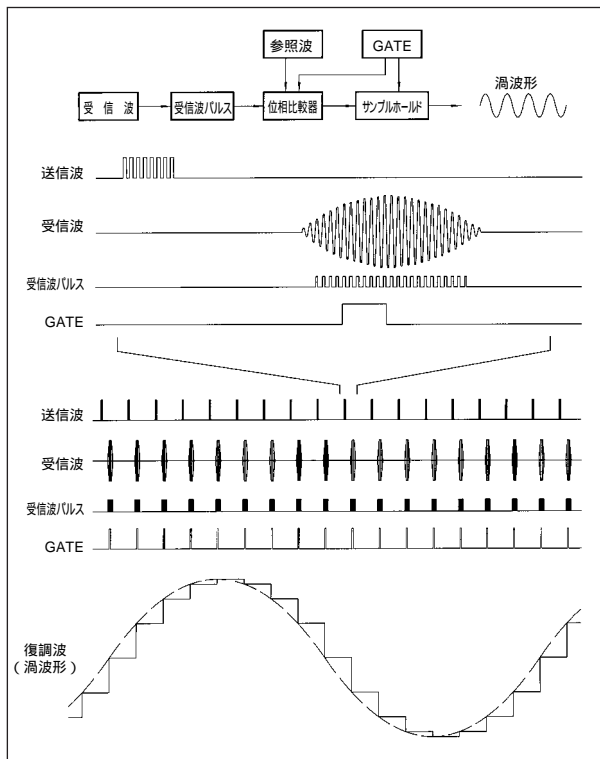


図6 位相復調処理

のような波形が出力される。この波形の上下のギザギザしている部分に対して、トリガレベルは無視できるレベルにあるので、このような信号、すなわち渦パルスが得られる。

5. むすび

今回開発した超音波式渦流量計の特徴としては、シンプル構造、非接触センシング(センサーのオンラインリプレサブルが可能)、配管振動とつまりの影響のシャットアウト等が挙げられる。また、信号処理部ではマルチリファレンスを用いた位相変調方式を採用することにより、コンパクトで高信頼性かつメンテナンスフリーを実現した製品である。

今後、ファミリー機種の開発を行い、流量計の柱となることを期待している。

参考文献

- (1) 伊藤一造他. “応力による渦の検出方法とその特性解析”. 計測自動制御学会論文集, Vol.21, No. 10, pp. 59 ~ 65 (1985)
- (2) 伊藤一造他. “渦による変動揚力を利用した質量流量計”. 計測自動制御学会論文集, Vol. 22, No. 11, pp. 87 ~ 93 (1986)

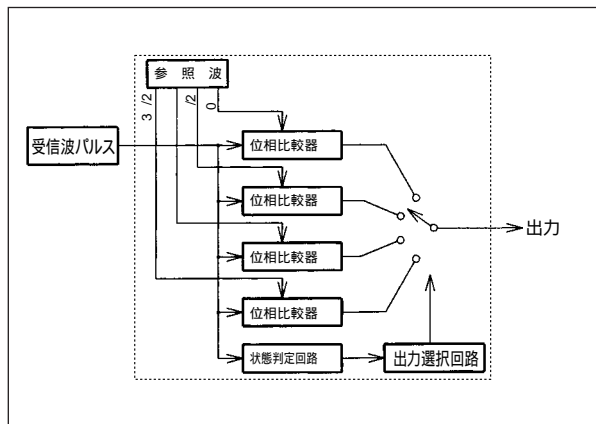


図7 マルチリファレンス方式の構成

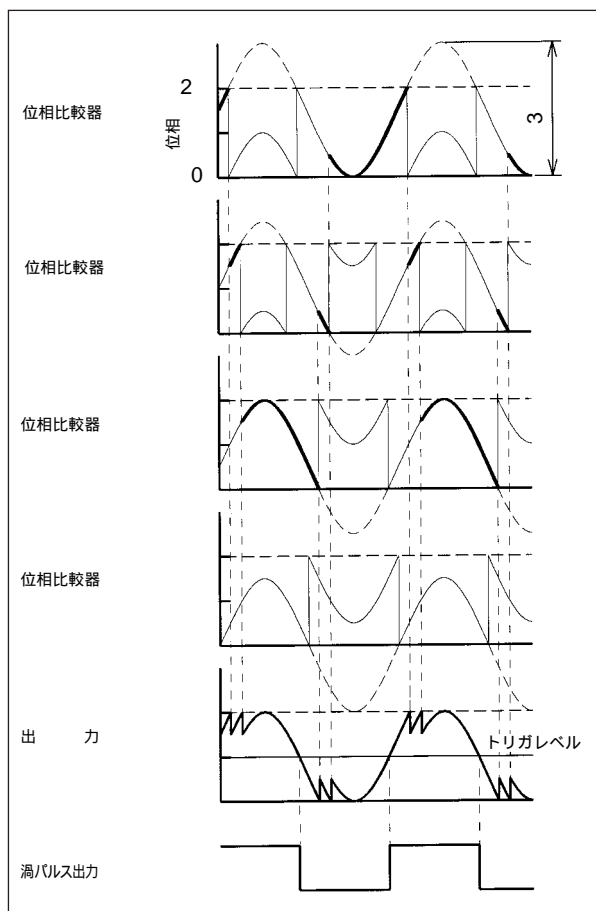


図8 位相変化が3 時の出力