

수신시간검출정확도개선에 의한 초음파준위계의 측정정확도제고

리의환, 손봉철

초음파에 의한 준위측정은 대상물의 특성과 측정의 기술적지표에 따라 광범히 응용되고 있으며 측정정확도를 높이기 위한 여러가지 제안들이 연구도입되고있다.[1-3]

우리는 임펄스시간차법에 의한 초음파준위측정에서 수신신호의 검출력값을 2중으로 설정하여 정확한 임펄스앞면령교차신호에 해당하는 전파시간측정을 진행함으로써 수신신호검출정확도를 개선하였다.

1. 임펄스시간차법에 의한 초음파준위계의 측정정확도에 미치는 영향인자

초음파준위계의 임펄스시간차법에 의한 준위측정은 공기중에서 음파의 전파속도와 초음파의 전파시간을 측정하여 계산할수 있다.[1]

$$H = \frac{1}{2} Ct \quad (1)$$

여기서 H 는 측정하려는 대상물까지의 준위이고 C 와 t 는 각각 음속도와 전달시간이다.

표준대기압의 공기속에서 음파의 전파속도는 온도의 함수로서 다음과 같다.[2]

$$C = 20.05\sqrt{T_c + 273.16} \quad (2)$$

여기서 T_c 는 섭씨온도로서 전파경로에서의 대기온도이다.

식 (2)로부터 환경온도에 따르는 음속도는 온도수감부를 리용하여 보상하는 방법으로 계산된다.

일반적으로 시간차법에 의한 준위측정은 송신시점으로부터 수신된 임펄스반사신호를 포락검파하여 얻은 임펄스앞면령교차순간까지의 시간을 측정하는 방법으로 진행한다. 그러나 수신신호에 포함되어있는 유효신호와 잡음의 영향을 고려하여 잡음의 유효준위에 해당하는 준위제한을 진행하므로 정확한 임펄스앞면령교차신호에 해당하는 전파시간측정이 아니라 τ 만큼 지연된 시간측정으로 되며 이로 인한 준위측정오차를 가져온다.(그림 1)

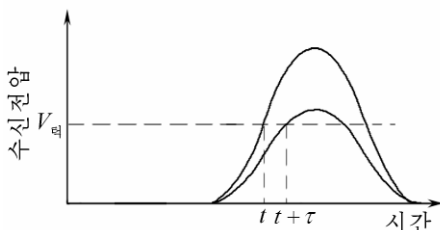


그림 1. 수신신호의 검파모형

더우기 측정대상까지의 준위가 증가될수록 흡수와 파전선확대로 인한 신호의 감쇠로 하여 수신세기가 약화되며 지연시간 τ 가 커지므로 준위측정오차는 더욱 커진다. 이로부터 잡음환경속에서도 임펄스앞면령교차신호에 해당하는 전파시간을 정확히 측정하는것은 준위측정의 정확도를 높이기 위한 관건적인 문제로 제기된다.

2. 전파시간측정의 정확도를 높이기 위한 한가지 방법

수신되는 신호의 모양은 실천적으로 초음파변환자의 특성과 음파의 공간전파과정에 감쇠와 파전선의 확대에 의한 전파손실, 대상물에서의 반사특성으로 하여 지연된 파형태로 된다.(그림 2)

수신된 신호에 대한 포락검파를 진행하고 신호대잡음비관계를 고려하여 검출턱값을 V_1 , V_2 로 하였을 때 수신신호가 t_1 , t_2 순간에 검출되었다고 가정하고 수신신호의 임펄스앞면경사가 선형관계를 만족시킨다면 V_1 , V_2 의 비는 다음의 관계식을 만족시킨다.

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{t_1 - t}{t_2 - t} \quad (3)$$

여기서 t 는 수신임펄스앞면평균교차순간이며 V_1 , V_2 는 각각 설정된 검출턱값으로서 $V_1 < V_2$ 이다.

식 (3)으로부터 수신임펄스앞면평균교차순간 t 를 구하면 다음과 같다.

$$t = \frac{V_2 t_1 - V_1 t_2}{V_2 - V_1} \quad (4)$$

위의 이론적해석에 대한 실험적검증을 위하여 우리는 한소편CPU처리소자 PIC16F877을 수자신호처리부로 한 초음파준위계장치를 구성하였다.(그림 3)

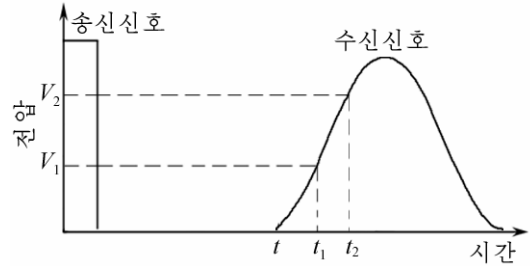


그림 2. 수신신호의 지연특성

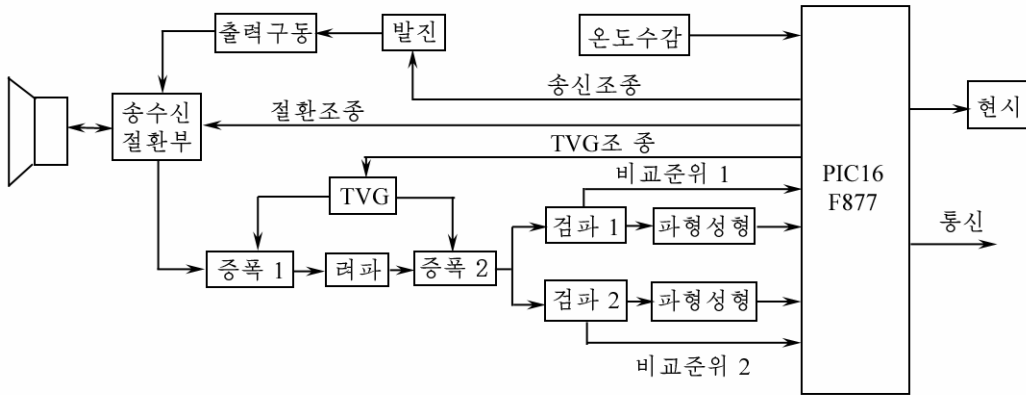


그림 3. 초음파준위계장치구성도

그림 3에서 보는바와 같이 서로 다른 검출턱값으로 설정된 검파 및 파형성형부를 2중으로 구성하고 초음파복사신호와 동기화된 한소편CPU처리소자의 시간계수기 T1과 T2를 리용하여 설정된 검파턱값에 따르는 수신신호의 시간정보 t_1 , t_2 를 측정한다 기초하여 수신임펄스앞면평균교차순간 t 와 그에 해당하는 대상물까지의 준위를 계산현시하도록 검출체계를 구성하였다. 검출턱값설정은 실제대상에 대한 측정준위대역에서의 반사수신신호의 진폭값을 고려하여 설정하였다.

한소편CPU처리소자 PIC16F877은 A/D포구를 리용하여 온도값과 비교준위값을 읽어 온도보상을 진행한 음속도와 설정된 V_1 , V_2 값을 계산한 후 송신너비 2ms, 송신주기 300ms의 송신조종임펄스를 발진단의 송신조종단자에 내보낸다.

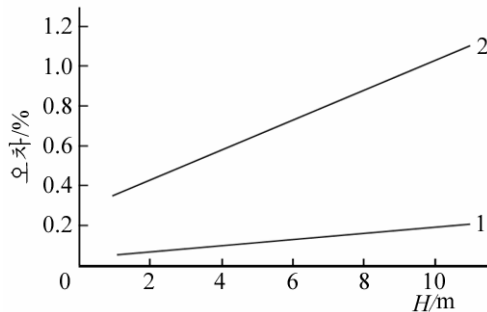


그림 4. 준위에 따르는 측정오차곡선
1—2중턱값검출법, 2—단순턱값검출법

송신조종임펄스와 동기되어 시간계수가 진행되며 설정된 V_1 , V_2 값을 초과하는 수신신호에 해당하는 시간정보 t_1 , t_2 를 계수하여 대상물까지의 준위를 계산현시한다.

2중턱값검출법에 의한 준위측정오차를 단순턱값검출법에 의한 준위측정오차와 함께 그림 4에 보여주었다.

그림 4에서 보는바와 같이 종래의 방식(단순턱값검출법)에서 준위에 따르는 오차는 측정준위의 증가와 함께 0.2~1%범위에서 증가되지만 2중턱값검출법을 리용한 우리의 방식에서는 0.2%이하의 높은 측정정확도를 보장할수 있다.

맺 는 말

우리는 임펄스시간차법에 의한 초음파준위측정에서 수신신호의 검출턱값을 2중으로 설정하여 정확한 임펄스앞면령교차신호에 해당한 전파시간측정을 진행할수 있는 이론적해석을 진행하고 실험적으로 검증하였다. 실험결과 준위에 따르는 측정오차는 단순턱값검출법에 비하여 2중턱값검출법에서 약 0.2%이하로 감소되므로 높은 측정정확도를 보장할수 있다.

참 고 문 헌

- [1] 张根宝 等; 仪表技术与传感器, 1, 19, 2012.
- [2] 孙宝元 等; 传感器及其应用手册, 机械工业出版社, 269~276, 2004.
- [3] 么启 等; 电子设计工程, 11, 23, 2011.

주체105(2016)년 1월 5일 원고접수

On Measurement Accuracy Improvement of Ultrasonic Level Meter by Exactness Enhancement of Receiving Time Detection

Ri Ui Hwan, Son Pong Chol

We analyzed the exactness enhancement of receiving time detection using double thresholds at the ultrasonic level meter and then identified the effectiveness of proposed method through field experiment.

Result shows that measurement error of the double threshold detection method reduces into about 0.2 comparing with simple threshold and so it can achieve the high measurement accuracy.

Key word: ultrasonic level meter