

원격 자가진단 및 성능검증 기능을 갖는 지능형 초음파 유량센서 및 현장 성능보증 시스템 개발 [2차 년도]

이정익*, 윤관호**

*인하공업전문대학 기계공학부 기계설계과

** (주)에이치에스시스템

e-mail: jilee@inhac.ac.kr

Development and deployed of intelligent ultrasonic flow sensor and field performance assurance system with remote self-diagnosis and verification function [The second year]

Jeong-Ick Lee*, Kwan-Ho Yoon**

*Dept. of Mechanical Design, INHA Technical College

**HS System Ltd. Co.

요 약

물공급을 위한 유체의 공급과 분배 그리고 사용량을 분배하고 관리하는 관망의 배관에 배터리 기반의 (독립적인 전원 등)을 활용하여 관망 에너지 관리에 최적화된 수량센서(유량, 압력, 온도, 전도도, 농도 등)를 측정할 수 있도록 플랜지 형태나 혹은 부단수 직접시공으로 다항목 수량센서를 설치하여 부단수 조건으로 현장교정 및 모니터링을 통한 원격 진단, 유지보수 할 수 있는 현장 배관(주철관, 강관) 전용의 다항목 수량센서 플랫폼을 개발하는 것에 있다.

1. 서론

물공급을 위한 유체의 공급과 분배 그리고 사용량을 분배하고 관리하는 관망의 배관에 배터리 기반의 (독립적인 전원 등)을 활용하여 관망 에너지 관리에 최적화된 수량센서(유량, 압력, 온도, 전도도, 농도 등)를 측정할 수 있도록 플랜지 형태나 혹은 부단수 직접시공으로 다항목 수량센서를 설치하여 부단수 조건으로 현장교정 및 모니터링을 통한 원격 진단, 유지보수 할 수 있는 현장 배관(주철관, 강관) 전용의 다항목 수량센서 플랫폼을 개발하는 것에 있다. 보다 자세한 내용으로는 주관기관에서는 1차년도에는 유량측정관 개발, 복합센서 회로개발, 수량센서 부단수천공기 개발을 2차년도에는 현장 교정 기술 개발, 다항목(수량센서) 개발: 압력, 전도도, SS농도 측정 built-in 센서를 개발하고 마지막 3차년도에는 다항목 센서의 지능형 이벤트 및 측정능력 알고리즘을 개발한다. 초참여기관인 대학에서는 1차년도에는 현장 직접시공용 장치 설계 및 제작(5종 이상 대상), 수량센서 CFD 설계를, 2차년도에는 측정 신뢰성 및 유지 보수 효율성을 위한 영구 진단(10종 이상 실증), 현장 교정 장치에 대한 불확도 산출 및 측정평가($\pm 0.35\%$ 이내, 기준장치 불확도)를 마지막 3차년도에는 다중센서 허브플랫폼 개발, 복합 수량센서/플랫폼 운영(2개소 이상)의 역할을 나누어 실시하기로 한다.

2. 연차별 기술개발 목표

1차년도 직접시공용, 다회선 초음파 유량계와 시공법 및 현장 교정장치 개발이 따라야 한다. 현장 직접시공용, 다회선 초음파 유량계와 직접시공 장치 제작(50~400mm)이 필요하다. 2차년도에는 지능형 다항목 센서 제작 및 측정 알고리즘 개발이 필요하다. 현장 성능평가 방법 및 불확도 산출 개발이 필요하다. 3차년도에는 현장 연결상태에서 자가진단, 검증진단 기능개발 및 모니터링 기술개발이 필요하다.

3. 연차별 기술개발 내용

1. 1차년도 기술개발 내용[측정기술 개발]

물공급을 위한 유체의 공급과 분배 그리고 사용량을 분배하고 관리하는 관망의 배관에 배터리 기반 (독립적인 전원 등)을 활용하여 관망 에너지 관리에 최적화된 수량센서(유량, 압력, 온도, 전도도, 농도 등)를 측정할 수 있도록 플랜지 형태나 혹은 부단수 직접시공으로 다항목 수량센서를 설치하여 부단수 조건으로 현장교정 및 모니터링을 통한 원격 진단, 유지보수 할 수 있는 현장 배관(주철관, 강관)전용의

다항목 수량센서 플랫폼을 개발한다. (현장 직접시공용) 복합진단기능을 갖는 다회선 초음파유량계를 개발한다.

2. 2차년도 기술개발 내용[진단기술 개발]

유량계가 현장에서 계속 동작하고 연결상태에서 필요할 때 올바른 진단기능 확인이 필요하다. 국제표준에 맞는 감사추적 지원으로 검증보고서 자동 생성기술 개발이 필요하다. 예측 유지보수 및 운영상태 모니터링 최적화와 추가 매개변수 개발이 필요하다. 유량센서 관리 플랫폼 내 센서의 고장, 상태 모니터링 방법 개발(상호 연관변수 활용진단):센서 오류 및 고장진단, 센서 이상 감지, 식별, 영향도 예측도 개발, 지능형 인식법으로 센서 고장 예측 및 오작동 방지 방법 구축 가능: 센서측정값과 예측값을 비교하는 잔차 진단법, 고장/오작동 감시로 고장조기 식별가능 실현기술개발이 필요하다. 정상 운영영역에서 공정변수 변화를 반영한 감지법 개발:유효한 동작범위를 설정하고 비교하여 조기에 센서 고장을 탐지한다.

3. 3차년도 기술개발 내용[활용기술 개발]

상수관망의 배관에 배터리 팩(혹은 독립적인 솔라, 자가발전 전원 등)을 활용하여 블록에 최적화된 수량센서(유량, 유압, 전도도, SS농도 등)를 측정할 수 있도록 플랜지 형태나 혹은 부단수 직접시공으로 다항목 센서를 설치하여 부단수 조건으로 유지보수할 수 있는 망 전용의 다항목 센서 플랫폼을 개발한다. 야간최소유량 측정 알고리즘 및 활용기술 개발이 있다. 직관부 축소시 성능 유지할 수 있는 유량 측정 기술 개발이 따라야 한다. 측정 매질에 능동적 측정거리 진단/판단 활용 및 측정기술 개발이 필요하다. 다항목 수량 및 복합센서의 측정값을 활용한 상호진단 및 판단기술 개발이 필요하다. 유량센서 관리 플랫폼 내 센서의 고장, 상태 모니터링 방법 개발이 필요하다. 예측 유지보수 및 운영상태 모니터링 최적화와 추가 매개변수 개발이 필요하다. 정상 운영영역에서 공정변수 변화를 반영한 감지법 개발 및 실증이 필요하다.

4. 기술개발 시 활용계획 및 기대효과

[활용계획]

-상수관망 진단 및 교정용 토탈제품/기술제공, 품질인증, 진단 및 교정서비스(Lab and on-site 포함) 가능하다.

-신뢰성 품질강화로 총수명 고장률 절감 사업으로 활용이 가능하다.

-성능, 부단수 설치, 현장진단, 현장교정 등 서비스 제공, Test Lab 확장 및 부가서비스(톨 센터 등)가 가능하다.

-분야별 주요공정에 대한 자동화 및 품질지수 관리 사업으로 활용이 가능하다.

-복합센서 활용 유량센서 등 단품 사업화가 가능하다.

[기대효과]

-부단수 고정밀 유량측정 기술 확보가 가능하다.

-상수도 공급 중단없이 고정밀 유량 측정 장치 적용이 가능하다 약 ±0.5% 이내이다.

-부단수 유량계 유지보수 기술 확보가 가능하다.

-제품별 수익률 20% 달성방안 규모화를 위한 단위사업별 블록화 유도가 가능하다.

5. 결론

다음과 같은 3개년 계획하에 개발목표를 가지고 연구를 수행한 2차년도의 위탁기관으로서의 수행결과는 다음과 같다.

1. Velocity Gradient Deviation의 결과 다음과 같다.

: 위치에 따른 90도 곡관의유속에 따른 보상값의범위를 수치 해석 결과를 이용하여 유량계 내에서의 속도 구배 편차값을 통해 얻을 수 있었다. 수직방향의 구배보다는 수평 방향 구배의 편차가 상대적으로 크기 때문에 보상값을 얻기 위해서는 수평 방향을 기준으로 보상값을 계산하는 것이 필요하다. 유속의 증가보다는 90도 곡관의 위치에 따른 속도구배 편차의 변화가 더 크게 발생하는 것으로 나타났다. 특히, 2.5D위치의 90도 곡관의 경우에서 수평방향의 편차가 가장 심하게 발생되어 가능하면 이러한 위치의 설치를 피하는 것이 유량계의 신뢰성을 위해 유리해 보인다.

2. Velocity U, V, W Component의 결과는 다음과 같다.

: 축방향 성분의 유속 U 성분은 속도 성분의 80% 이상의 대부분을 차지하고 있으며, 따라서 유입 속도 조건과 그 편차를 비교하였으며, 90도 곡관이 10D의 위치일 경우 약 6%, 7.5D의 경우 약 7% 차이를 보였으나, 5D와 2.5D의 경우에는 각각 11% 및 15%의 큰 차이를 보였다. 수직 방향 성분의 유속 V 성분은 90도 곡관의 위치에 따라 4등분으로 2차 유동을 형성하는 형태로 나타나며, 유속 V 성분에 대한 비율은 90도 곡관이 10D에서 3%, 7.5D에서 5%, 5D에서 6%로 나타나지만 2.5D에서는 8% 이상으로 주 유동성분 대비 많은 2차 유동이 나타나는 것으로 나타났다. 수평방향 성분의 유속 W 성분은

90도 곡관의 위치가 유량계에서 가까워지면 증가하는 것으로 나타났다. 7.5D에서 6%, 5D에서 8%, 2.5D에서 9%이며, 10D에서는 3% 정도로 감소하는 것으로 나타났다. 따라서 유량계의 정확성을 보다 확보하기 위해서는 곡관으로부터 10D 이상의 거리가 필요할 것으로 판단된다.

3. Turbulence Eddy Frequency의 결과는 다음과 같다.

: 90도 곡관의 위치와 유입 유속에 따른 Turbulence Eddy Frequency를 최소 최대 주파수에 대한 범위를 통해 난류 성분으로 발생하는 Eddy들의 반복적인 난동 성분을 비교하였다. 고주파수의 Eddy 성분들은 주로 초음파 센서 위치의 주변에서 발생하며, 낮은 주파수의 Eddy들은 유동의 중앙을 중심으로 발생하는 것을 확인할 수 있었다. 주 유동중앙의 낮은 주파수는 주로 100Hz이하로 나타나며, 고주파수 영역의 Eddy 주파수는 유속에 따라 200Hz에서 900Hz의 범위에서 발생하며, 주로 유속의 증가에 따라 최대 주파수 대역이 증가하는 것으로 확인 할 수 있었다. 이러한 예측된 주파수 범위에 대한 정보를 이용해 난류 성분 유속의 정확도를 높일 수 있으며, 더 나아가 유속 U, V, W성분의 크기와 주파수를 이용하여 Eddy의 크기를 예측하여 보다 정밀한 유량 계산 함수를 재정립할 수 있다.

temperature sensor”, Journal of low temperature physics, Vol. 24, No. 3, pp. 235-243, 2002.

후기

본 논문은 2021년도 중소벤처기업부 그린벤처 프로그램 R&D 지원으로 수행 중인 “원격 자가진단 및 성능검증 기능을 갖는 지능형 초음파 유량센서 및 현장 성능보증 시스템 개발”연구에서 위탁연구의 일환으로 제작되었음.

참고문헌

- [1] O. lida, T. lwamura, K. Hashiba, Y. Kurosawa, , “A fiber optic distributed temperature sensor for high-temperature measurements”, Temperature its measurement and control in science, Vol. 6, No. 2, pp. 745-750, 1992.
- [2] J. McGhee, I. A. Henderson, L. Michalski, “Dynamic properties of contact temperature sensors: I thermo-kinetic modeling and the idealized temperature sensor”, Temperature its measurement and control in science, Vol. 6, No. 2, pp. 1157-1162, 1992.
- [3] Z. Peng and W. Ruzhu, “Particular low temperature sensors: superconductor temperature sensor and high resolutions