

Vortex 유량계 VY 시리즈

Satoshi Funakoshi ^{*1}
Shinji Kanno ^{*1}

Souhei Kondou ^{*1}
Shinnosuke Yoshida ^{*2}

Shunsuke Ebisumoto ^{*1}
Toshihiko Kishi ^{*1}

Yokogawa는 Vortex 유량계 VY 시리즈를 개발했습니다. Total Insight (TI) 개념에 따라, Yokogawa는 제품 수명 주기 전반에 걸쳐 포괄적인 지원을 제공합니다. VY 시리즈의 전송기와 향상된 진단 기능의 VY시리즈(센서)는 안정적이고 안전한 플랜트 운영을 지원하고 향후 예상되는 전체 플랜트의 디지털 전환에 대응할 수 있도록 진화했습니다. 본 논문은 Vortex 유량계 VY 시리즈에 구현된 핵심 기술을 설명합니다.

소개

Yokogawa는 1979년 와류 유량계 YEWFLOW를 처음 상용화한 이래, 초기 Style A부터 스펙트럼 신호 처리(SSP)를 채택한 DigitalYEWFLOW에 이르기까지 지속적으로 기능을 개선해 왔으며, 전 세계 판매량이 40만대를 넘어서는 성과를 거두었습니다.

2022년에 Yokogawa는 YEWFLOW 시리즈의 핵심 기술을 계승하면서 진단 기능과 같은 새로운 사양을 추가한 와류 유량계 VY 시리즈를 출시했습니다. VY 시리즈는 YEWFLOW 시리즈를 통해 축적된 다양한 응용 사례를 바탕으로 견고한 센싱 구조와 독자적인 SSP 신호 처리 기술을 계승하면서도 기본 구조를 진화시킨 제품입니다.

Vortex 유량계는 다양한 유체를 측정할 수 있으며, 가격과 정확성 측면에서 매우 높은 비용 효율성을 제공합니다. 따라서 여러 유틸리티 및 에너지 관리 응용 분야에서 활용되며, 특히 화학 산업에서 수요가 많습니다.

최근 안전 측면에서 규제 요건이 더욱 엄격해지면서, 안정적이고 안전한 플랜트 운영을 지원하고 디지털 전환(DX)을 촉진하는 기능이 필요해졌습니다. VY 시리즈는 새롭게 진단 기능을 탑재하여 장치 상태를 평가하고 원격 유지보수 및 예측 진단 기능을 통해 안정적이고 안전한 플랜트 운영을 지원합니다. 본 논문에서는 개량된 VY 시리즈의 핵심 기술과 새롭게 구현된 기능들을 소개합니다.

VY 시리즈의 핵심 기능

이 섹션에서는 상용화된 VY 시리즈의 주요 기능을 소개합니다. 그림 1은 해당 외관을 보여줍니다.



그림1 VY 시리즈의 외관

VY 시리즈는 Yokogawa의 “Total Insight” 개념을 채택하고 있으며, 이는 Simplified Selection, Smart Assist, Process Guard, Expert Solutions의 네 단계로 구성됩니다. 이 개념은 제품 수명주기 전반에 걸쳐 비용 절감에 기여하는 솔루션을 제공하는 것을 목표로 합니다. VY 시리즈의 사양 및 기능은 다음과 같습니다:

- 측정 가능한 유체
 - 액체, 가스 및 증기
- 측정 수량
 - 체적 유량, 질량 유량, 열 유량 및 열 차이 계산

^{*1} Flowmeter Department, Development Division, Yokogawa Products Headquarters

^{*2} Flowmeter Planning Department, Yokogawa Products Headquarters

■ 측정 Accuracy

- 액체: 판독값의 $\pm 0.75\%$
- 가스 및 증기: 판독값의 $\pm 1.0\%$

■ 확장된 라인업

- Connection size(15 - 400mm)로 넓은 유량 범위를 지원
- Vortex 세터 바에 통합된 내장 온도 센서를 갖추고 있으며, 고온, 극저온, 롱넥(longneck), 리듀서(reducer), 고압형 타입으로 구성되어 다양한 국가의 안전 기준(예: 압력 장비 지침(PED) 및 방폭 기준)을 충족
- 고신뢰성이 요구되는 애플리케이션을 위한 기능 안전 IEC61508, Safety Integrity Level 2(SIL2) 인증
- NAMUR NE21 및 NE107
- 주변 온도 범위를 -50°C 까지 확장하여 해양 표준을 포함한 다양한 산업 표준 사양을 준수

■ 향상된 입력 및 출력 기능

- 전류 출력 (4-20mA), 펄스 출력, 알람 출력 및 상태 점접 출력
- 전류 입력 기능이 추가되어 내장 온도 센서를 압력 게이지 및 기타 외부 장치의 측정값과 결합함으로써 외부 계산 없이도 Vortex 유량계만으로 정확한 온도 및 압력 보정과 에너지 계산이 가능
- 온도 및 압력을 기반으로 한 포화 증기와 과열 증기를 포함하는 세 가지 증기 표를 내장함

■ 개선된 유지보수성

- YEWFLOW 시리즈와 동일한 먼간 거리를 제공하여 호환성을 보장
- 전류 및 펄스 출력을 분리함으로써 출력 배선이 용이
- 전송기와 센서 구간 사이의 커넥터 구조로 쉽게 탈부착이 가능

■ 향상된 진단 기능

- 전체 장치에 대한 상태 진단 기능 가능
- 조건 기반 유지보수는 검증 및 원격 유지보수 기능을 통해 이루어짐

YEWFLOW 시리즈 핵심 기술의 계승과 발전

이 섹션에서는 YEWFLOW 시리즈에서 계승된 기술과 VY 시리즈에서 발전된 기술에 대해 설명합니다.

SSP 기술 계승

YEWFLOW 시리즈와 마찬가지로, VY 시리즈는 신호 획득을 위해 두 개의 압전 감지 소자(piezoelectric sensing element)를 사용합니다. 이러한 신호에는 진동 및 펄스 신호와 같은 잡음 구성요소와 함께 vortex 신호가 포함됩니다. SSP (그림 2 및 3)는 vortex 신호의 주파수 대역 외부의 주파수 신호를 제거하기 위해 스펙트럼 분석을 적용합니다. 또한, vortex 신호로 결정된 주파수 대역에 포함된 잡음 성분을 제거하기 위해 대역 통과 필터 제어를 적용합니다. 결과적으로, vortex 신호는 CPU가 유량을 적절하게 계산할 수 있도록 하는 안정적인 주파수 신호가 됩니다.

따라서 이 신호 처리 기술은 강력한 잡음 저항으로 안정적인 유량 측정을 달성합니다⁽¹⁾.

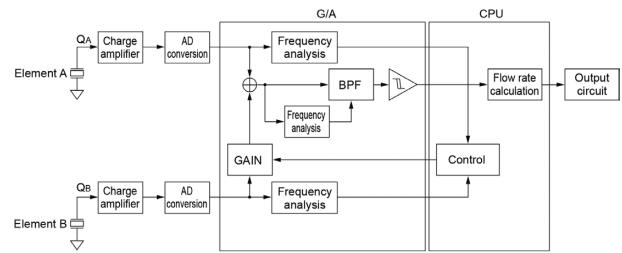


그림2 신호 처리 SSP 구성



그림3 신호 처리 SSP 개념도

기본 구조의 발전

VY 시리즈는 preamplifier 구조를 채택하여 DX와의 친화력을 높이고 전체 플랜트의 디지털화를 실현하여 안정적인 플랜트 운영에 기여합니다.

이 preamplifier 구조를 통해 센서 측에 진단 회로를 도입하여 진단 기능을 향상시킬 수 있습니다. 향상된 센서 측 진단 기능의 예로 절연 저항 및 정전기 측정 기능을 들 수 있습니다. 이를 통해 압전 소자의 상태를 진단할 수 있습니다. 또한 다음 섹션에 설명된 바와 같이, 장치를 외부 장비와 결합하여 제품 수명 주기를 지원하는 기능을 추가했습니다.

분리형에서 preamplifier 구조는 분리형 케이블을 통한 디지털 신호 전송을 가능하게 합니다. 이전 모델과 달리, 이 장치는 분리형 구조의 잡음 저항 (EMC 성능)을 개선하여 더 엄격한 EMC 표준 NE21을 준수합니다. 또한 분리형 전송기의 장치 정보를 원격 센서의 메모리에 저장할 수 있으므로 정비 시간을 줄일 수 있습니다.

진화된 진단 기능

이 섹션은 VY 시리즈의 진화된 진단 기능을 설명합니다. 검증은 장치 유지보수가 필요한 영역을 식별하는 진단 기능입니다. VY 시리즈는 내장형 검증이 장치 자체 내의 표준 기능으로 설정되어 있습니다. (그림 4).

또한, VY 시리즈와 FSA130 전자 유량계 및 와류 유량계 검증 도구(별도 판매)를 Yokogawa의 FieldMate 다기능 기기 관리 마법사 또는 DTM(Device Type Manager)을 통해 결합하면 원격 유지보수 기능을 실현할 수 있습니다(그림 4).

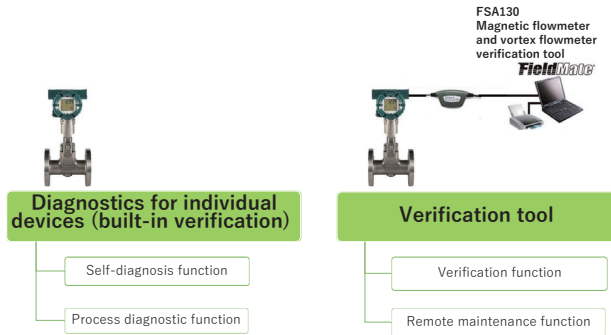


그림4 VY 시리즈의 진단 기능 시스템

내장형 검증

플랜트 운영 현장에서는 현장 장치의 상태를 확인하기 위해 일일 또는 정기 검사 작업을 수행합니다.

새로운 preamplifier 구조가 도입됨에 따라, VY 시리즈는 전체 제품의 상태를 효율적이고 실시간으로 확인할 수 있습니다. 이전의 장치 검증 방법은 검증을 수행하는 동안 수많은 내부 파라미터와 데이터를 외부 장치 검사 단말기로 전송하는 것을 의미합니다. 반면 VY 시리즈는 장치 자체의 상태를 확인하기 위해 자체 내부 파라미터와 데이터를 사용하여 직접 작동 검증 프로그램을 실행하기 위해 내장형 CPU를 활용합니다. 이 기능이 적용되는 검사 항목에는 vortex 세터 바 센서 소자, 알람 생성 및 알람 기록 뿐만 아니라 센서, 신호 처리 및 계산을 위한 회로가 포함됩니다. 이 기능이 처리하는 검사 항목은 vortex 세터 바 센서 소자, 알람 생성 및 알람 이력은 물론, 센서, 신호 처리 및 계산을 위한 회로가 포함됩니다. 따라서 이전 방법과 달리, 수많은 파라미터를 확인하고 결과를 판단할 필요가 없으므로 최소한의 필수 파라미터로 검증 실행 및 결과 확인이 가능하여 진단 시간을 크게 단축할 수 있습니다.

내장형 검증의 일례로 압전 소자 진단을 소개합니다. 절연 저항 및 정전 용량 정보를 사용하여 압전 소자를 진단합니다. 첫째, 압전 소자의 저항값이 합격/불합격 값 미만이면, 절연 저항 고장을 발생한 것으로 진단합니다. 절연 저항 고장이 없으면, 소자의 정전 용량을 측정합니다. 이러한 방식으로, 소자의 정전 용량이 저하되었는지 또는 신호 회로에 이상이 있는지 확인할 수 있습니다.

이 방법을 사용하여, VY 시리즈의 내장형 검증 기능은 장치 유지보수가 필요한 영역을 식별합니다.

검증 도구

VY 시리즈와 검증 도구를 결합하면 원격으로 검증을 수행할 수 있습니다. 또한, vortex 파형을 모니터링하고 주파수 분석을 수행할 수 있게 되며, 센서 정보를 시간순으로 분석하면 고객의 제품 수명 주기 최적화에 기여하는 vortex 센서 예측 진단 기능 (조건 기반 유지보수)을 가능하게 합니다. 다음은 검증 도구로 사용할 때 Field Mate의 검증 및 원격 유지보수 기능을 설명합니다

검증 기능

VY 시리즈의 내장형 검증 기능은 CPU만 사용하여 자가 진단을 가능하게 합니다. 그런 다음, 통신 네트워크를 통해 진단 결과 신호를 전송할 수 있습니다.

FieldMate가 제공하는 검증 기능은 PC 모니터에서 작업을 수행할 수 있도록 합니다. 따라서, 통신 네트워크를 통해 제어실이나 기타 원격 위치에서 검증을 수행할 수 있습니다.

이 기능에는 vortex 세터 바의 센서 소자, 알람 생성, 알람 이력, 디스플레이 및 외관은 물론, 센서, 신호 처리 및 계산을 위한 회로를 검사하는 표준 검증이 포함됩니다. 또한 현재 입출력, 펄스 출력 및 상태 출력을 검사하는 확장된 검증도 포함되어 있습니다. 검사 결과는 데이터베이스에 저장되어 보고서로 인쇄될 수 있습니다 (그림 5).

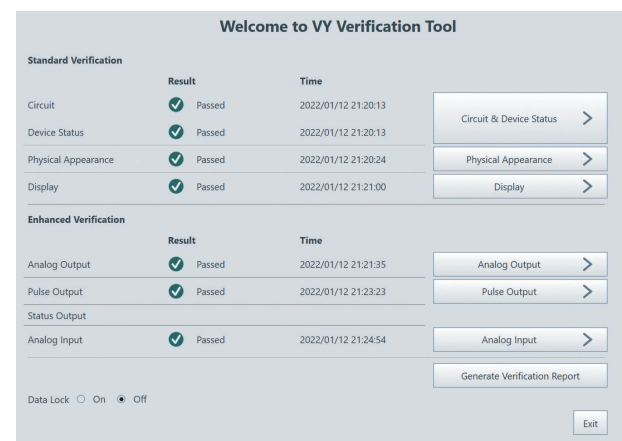


그림5 검증 기능

원격 유지보수 기능

VY 시리즈는 센서 신호를 사용한 신호 처리에서 최종 출력 신호 뿐만 아니라 처리 중에 해당 센서 신호의 파형 데이터와 각 주파수 대역의 강도 데이터도 획득합니다. 센서 신호 파형 데이터의 경우, 신호 처리를 통해 최적의 샘플링 주기를 설정하고 시간순으로 데이터를 획득하는 기술을 구현했습니다. 각 주파수 대역의 강도 데이터는 두 개의 압전 소자의 센서 신호 강도와 신호 처리를 통해 계산된 신호 강도로 구성됩니다.

FieldMate의 원격 유지보수 기능은 센서 신호 파형 데이터와 센서 신호 주파수 특성 데이터 (그림 6 및 7)의 용이한 모니터링을 가능하게 하므로, 장치 설치 현장에서 오실로스코프나 기타 측정 기기를 사용하여 진단을 수행할 필요가 없습니다. 파형 및 주파수 특성 데이터를 획득하기 위해 네트워크를 통해 vortex 유량계에 접속함으로써, 사용자는 원격 설치 위치, 고온 또는 저온이나 폭발성 대기가 있는 가혹한 환경에서 장치의 상태를 확인할 수 있습니다. 이 기능은 제품 유지보수 관리의 효율성을 개선하고 노동을 감소시킬 것으로 예상됩니다.

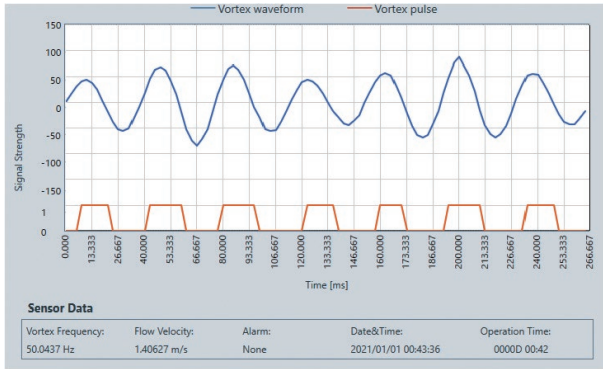


그림6 파형 모니터링 기능

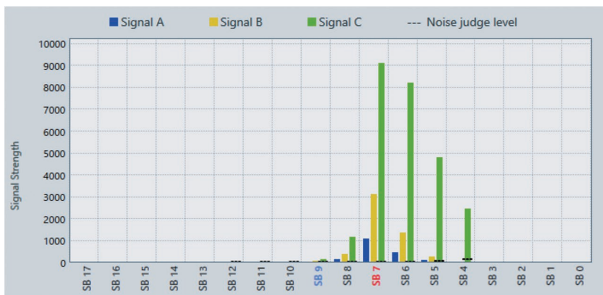


그림7 주파수 모니터링 기능

Vortex 센서 예측 진단 기능

예측 진단은 일반적으로 장기 측정 데이터를 필요로 하므로, 장치와 통신 도구 간의 연결을 장기적으로 유지 관리해야 합니다. 또한, 예측 진단 계산 처리는 통신 도구 측면에서 수행되기 때문에, vortex 유량계만 사용하는 예측 진단은 이전에 실현되지 않았습니다.

VY 시리즈는 센서 신호 데이터를 장기간 저장하고 장치 내 센서 신호의 미래 상태를 예측하는 기능을 통합하여 vortex 유량계만 사용하여 예측 진단을 가능하게 합니다. 장기 관찰 데이터를 저장하기 위해, 저장 용량에 도달하면 데이터가 압축되고 저장 기간이 자동으로 달라집니다. 이 기술은 부족한 내부 저장 용량을 가진 장치로 인한 기능 제한이나 중단 없이 예측 진단을 지속적으로 수행할 수 있도록 합니다.

센서 신호의 미래 상태를 예측하기 위해 여러 알고리즘을 구현했습니다. 최적의 예측 진단을 위해, 알고리즘은 장치 내에 축적된 관찰 데이터의 시간 의존성 변화를 활용합니다. 선형, 주기적 및 곡선형

시간 종속 변화에 적합한 예측 알고리즘을 제공합니다.

FieldMate의 vortex 센서 예측 진단 기능은 장치에 축적된 관측 데이터와 예측 관측 데이터를 모니터링할 수 있도록 합니다 (그림 8).

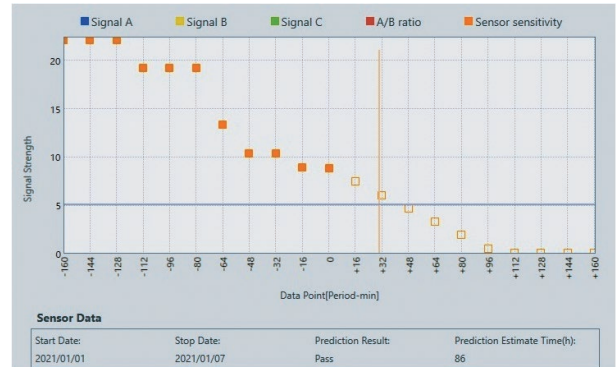


그림8 Vortex 센서 예측 진단 기능

VY 시리즈의 이러한 예측 진단 기능은 조건 기반 유지보수를 실현하여 고객의 제품 수명 주기를 최적화하는 데 도움이 됩니다.

결론

DigitalYEWFLOW에서 이어져온 SSP와 이 글에 설명된 핵심 기술을 기반으로 하는 vortex 유량계 VY 시리즈는 이전 모델에 비해 상당한 발전을 이루었습니다.

앞으로도 고객의 제품 수명 주기를 최적화하고 DX 노력을 지원하는 데 기여하는 기능 및 기술 개선을 목표로 규격을 지속적으로 확대할 예정입니다.

참고문헌

- (1) M. Hondo, M. Wada, et al., "A vortex Flowmeter with Digital Signal Processing digitalYEWFLOW," Yokogawa Technical Report Vol. 45, No. 3, 2001, pp. 183–186 (in Japanese)

* YEWFLOW, digitalYEWFLOW, and FieldMate are registered trademarks or trademarks of Yokogawa Electric Corporation.

* All other company names, organization names, product names, service names, and logos that appear in this paper are either registered trademarks or trademarks of Yokogawa Electric Corporation or their respective holders.