

최적화된 보증 시험으로 안전 준수 보장

- SIL 목표 부합 및 확인되지 않은 위험 고장 탐지

안전 계기 시스템은 방어의 최종 단계로 설계되며, 주 기능은 프로세스를 안전 상태로 만들고 안전 사고가 일어나지 않도록 예방하는 것이다. 이는 프로세스를 효율적으로 운영하기 위해 설계되는 기본 프로세스 제어시스템과는 큰 차이가 있다. 가장 안전한 상황에서도 사고는 일어날 수 있으며, 실제로 일어나기도 한다. 그러나 적절히 설계되고, 적용된 안전 시스템은 사고의 빈도와 심각도를 낮춰줄 수 있다. 성능 입증을 위해서는 안전성 요구에 대비하여 기능성을 보장하기 위해 장비를 테스트할 필요가 있다. 고급 진단 및 테스트 기능이 있는 계기를 선택할 경우 진단 범위가 추가되어 안전성이 보장되며, 공정 중단율을 줄일 수 있다.

Afton Coleman,
Erik Mathiason & Tonya Wyatt
에머슨오토메이션솔루션즈(주)



그림 1. 안전 계기 시스템 구현을 위한 구성품

위험 고장 확률(PFD, Probability of Failure on Demand) 및 보증 시험의 기초

안전 계기 시스템은 논리회로장치, 센서부, 조작부로 구성되어 있다(그림 1 참조). 공정에 존재하는 위험 수준을 허용 가능한 수준으로 낮추기 위해서는 안전 계기 시스템이 설계되어야 하며, 요구되는 안전 무결성 기준(SIL)을 만족시킬 수 있는 제품을 선택해야 한다. 시스템 역량, 위험 고장 확률(운영 저 수요에 대한 PFDavg) 및 아키텍처 제약 사항 최소화를 통해 SIL 요구 수준을 만족할 수 있다. 보증 시험은 PFDavg에 직접적인 영향을 미치며, 안전성 규제 준수를 보장하기 위해 최적화될 수 있는 분야다.

위험 고장 확률(PFD)은 안전 계기 시스템의 구성품이 공정을 안전 상태로 복귀하기 위해 작동할 필요성이 발생할 때 고장 상태에 있을 위험성을 설명해 준다. 불안전 상황과 안전 계기 시스템 부품 고장이 동시에 발생할 경우, 안전 계기 시스템이 위험한 상황을 완화시키는 것을 방해하기 때문에 위험한 결과가 발생할 수 있다. PFD(운영 저 수요에 대한 PFDavg)는 각 구성품의 위험 고장률을 더하고, 운전 요구 시간, 보증 시험 주기, 효율성, 복구 평균시간, 반복성, 기타 변수를 고려해서 계산된다. 고장률은 안전 시스템 구성품의 고장시간(Failure in time ; FIT)으로 계산한다.

보증 시험은 각 제품의 안전 매뉴얼에 따라 각 제품의 안전 관련 기능 수행 능력과 확인되지 않은 위험한 고장 탐지 능력을 시험한다. 확인되지 않은 위험한 고장이란 장비가 주 기능을 수행하지 못하도록 하는 고장이면서 정상적인 운영 시 장치가 탐지하지 못한 고장을 의미한다. 보증 시험 주기란 실시하는 보증 시험 사이의 시간 간격을 말한다. 시험의 빈도는 PFDavg를 계산

해 결정한다. 또한, 기능 안전성 기준 IEC 61511에 따라 전체 안전 계기 시스템(센서, 논리회로장치 및 제어 장치)을 시험해야 하며, 일정하게 시험 주기를 재평가해야 한다.

간소화된 PFDavg 계산은 완벽한 보증 시험 효율성을 가정으로 하지만(확인되지 않은 위험한 고장의 100%를 진단하는 보증 시험의 능력), 현실에서 완벽한 보증 시험은 거의 없다. 보증 시험 효율성은 시험의 엄격한 정도에 달려 있으나, 밸브 누출 시험과 같은 일부 중요한 시험은 장비 운전을 중단해야 하거나, 공정 프로세스 결과에 크게 영향을 줄 수 있기 때문에 공정 가동을 중단하지 않는 한 수행하지 않는 것이 합리적일 수 있다. 보증 시험 효율성의 감소는 PFDavg나 SIL를 달성하기 위한 보증 시험 주기를 줄여 공정 중단이 더욱 많이 요구될 수도 있다. 증가된 시험 빈도수는 잠재적으로 작업자를 위험에 노출시키는 정도를 증가시키고 인적 오류의 확률을 높일 수 있다.

보증 시험 주기 최적화하기

제조사에서 제공하는 다양한 보증 시험 옵션 활용, 자동 진단을 활용한 보증 시험, 제어 장치의 스트로크 시험과 같은 운전 중/현장 시험 등 다양한 방식으로 보증 시험 효율성을 최대화하여 보증 시험 주기를 최적화할 수 있다.

일부 제품 제조사들은 각각 다른 효율성을 갖춘 다수의 보증 시험 옵션을 규정하고 있다. 일반적으로 시험 규정 정도가 자세하고 면밀할수록 효율성도 높아진다.

한 예로, 코리아리스 미터는 다음 세 단계의 보증 시

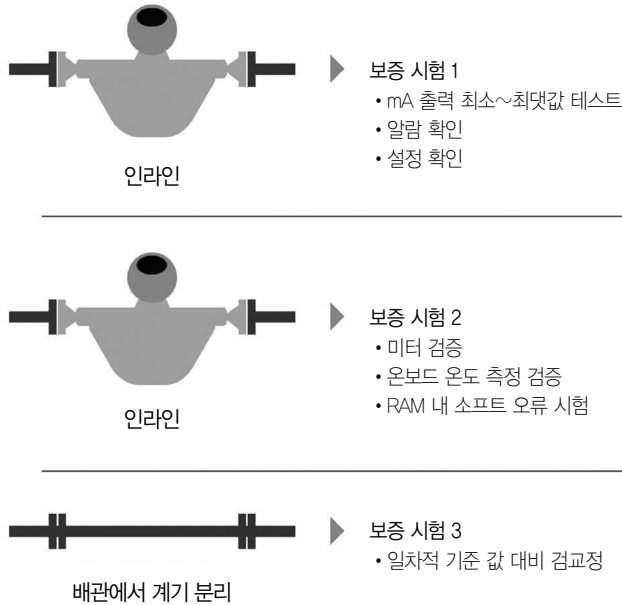


그림 2. 운전 중단이 요구되는 보증 시험 주기를 늘리기 위해 공정에 설치된 상태(인라인)에서 진행되는 진단이나 테스트를 활용해 보증 시험을 실시할 수 있다.

힘을 갖고 있다.

- 보증 시험 1 - 50~60%의 효율에 대한 트랜스미터 출력, 알람 및 설정 확인 (인라인 상태)
- 보증 시험 1, 2 - 보증 시험 1에서 설명된 시험 및 미터 검증(센서 및 전자기기 확인)과 같은 고급 진단, 온도 측정 검증, 90% 범위의 효율성을 가진 RAM의 소프트 시험 실시(인라인 상태)
- 보증 시험 1, 3 - 보증 시험 1에서 설명된 시험 및 약 99% 효율에 대한 일차 기준 대비 검교정 실시(미터를 공장에서 제거)

사용자들은 미터 검증과 같은 고급 진단을 사용하여 포괄적인 보증 시험(보증 시험 3) 사이의 주기를 연장해 운전 중단율을 줄이고 보증 시험 비용을 낮출 수 있다(그

림 2 참조).

자동 진단은 확인되지 않은 위험한 고장을 지속적으로 줄이는데 도움이 될 수 있다. 예를 들어, 밀리앰프 출력의 단순 피드백 루프는 장치가 트랜스미터에서 전송되어야 하는 출력이 실제 전송된 값인지를 연속적으로 확인할 수 있도록 한다. 또한, 추가적인 진단은 압력 계기를 갖춘 임펄스 배관이 막힌 경우와 같이 장치 외부의 확인되지 않은 특정한 고장을 대상으로 할 수 있다. 이러한 진단을 통해 임펄스 라인 내 막힘을 모니터링하고, 제어실로 지시를 전달하여 고장 모드를 교정하고 고장의 가능성을 제한할 수 있다.

보증 시험을 보완하고 SIL 능력을 개선하거나 보증 시험 사이의 시간을 안전하게 연장하기 위해서 추가적

인 시험을 수행할 수 있다. 부분 스트로크 시험(PST)이 보증 시험 주기 사이의 시간을 연장하기 위해 사용될 수 있는 적절한 예이다. 제어부는 안전 계기 시스템의 가장 취약한 연결점으로 간주되기 때문에 이에 대한 보증 시험은 특히나 중요하다. 이는 항상 프로세스 유체와 접촉하면서 한 위치에 머물러 있기 때문이다.

제어부의 보증 시험은 보통 밸브의 전체 동작 스트로킹과 시트 누출 및 안전 시간 측정을 포함한다. 이 시험은 공정에 영향을 미치기 때문에 운전 중지 상태이거나 바이패스를 이용해 운전하는 상태에서 시행해야 한다. 운전 중지 상태 시험을 정수 기간에 맞추기 어렵거나, 정지 마찰에 취약한 공정에 설치된 경우에는 공정 운전 상태에서 제어부를 종종 작동시켜 보증 시험 주기를 연장할 수 있다.

확인되지 않은 위험한 고장의 일부는 제어부의 부분적 스트로크 시험으로 탐지할 수 있다. 진단 범위는 시행된 시험의 종류와 수집되는 정보에 의해 결정된다. 기계적 전파 방해 장치나 PST 위치를 탐지하는 리미트 스위치를 갖춘 솔레노이드 트립으로 시행하는 단순 PST는 밸브 막힘 또는 느린 움직임과 같은 명백한 고장을 탐지할 수 있다. 이런 경우는 막힌 밸브 축, 고착되거나 뺏

한 밸브 패킹, 또는 압착되거나 차단된 액추에이터 공기 배관과 같은 특정 고장 모드에 의한 것이다.

단순 PST는 보통 액추에이터와 같은 제어부의 일부만을 시험할 수 있다. 이 시험의 진단 범위 상의 제한 때문에, PST를 수행하는 것은 의미가 없을 수도 있다. 디지털 밸브 컨트롤러와 같이 압력 및 이동 센서를 갖춘 인텔리전트 밸브 계기는 단순 PST로 탐지할 수 있는 고장 모드를 스스로 확인할 수 있다. 추가적으로 마찰 변화, 밸브를 운영하는데 필요한 브레이크아웃 힘, 고장 전 뒤틀림을 계산하고 이에 대한 경고를 생성한다. 이는 밸브와 액추에이터를 모두 시험한다. 또한, 일부 지능형 계기는 솔레노이드 및 기타 구성품을 포함한 전체 제어부를 용이하게 시험할 수 있도록 해준다.

제조사 보증 시험 옵션, 자동화 진단 및 운전 중/현장 시험과 같은 보증 시험을 시행하면 쉽게 확인되지도 않은 다양한 고장의 진단 범위를 넓힐 수 있다. 센서의 경우, 보증 시험 및 추가적인 인증 시험 주기를 연장하기 위해 계기를 공정에서 분리할 필요가 없으며, SIL 성능이나 기능적 안전성을 유지하면서 공정의 가동 중단율을 줄이고, 생산량을 증가시키며, 인적 오류를 감소시킬 수 있다.