

무선 통신을 이용한 스팀트랩 감시 장치 소개

- 스팀 시스템에서 응축수를 제거하는 자동밸브인 스팀트랩에 이상이 발생했을 때 이를 자동으로 감지하고 스팀 유출량을 무선통신을 통해 전달해 주는 무선 스팀트랩 감시 장치에 대해 소개하고자 한다.

주명국 / 한국스파이렉스사코, 프로젝트사업본부 본부장 (Myounggug.ju@kr.spiraxsarco.com)

서론

스팀트랩은 열교환기 등 스팀을 사용하는 장비 및 배관에서 스팀의 잠열을 사용하고 액체로 변한 응축수를 스팀과 구별하여 자동으로 배출하는 밸브를 말한다. 스팀트랩이 제대로 작동하지 않아 응축수와 함께 스팀이 누출되는 경우 스팀을 사용하는 설비는 계속 가동이 가능하지만, 에너지가 낭비되고, 반대로 스팀은 물론 응축수도 배출하지 못하는 경우에는 스팀을 사용하는 설비를 제대로 가동하지 못하게 되므로 스팀트랩은 스팀을 사용하는 시스템에서는 필수불가결한 존재라 할 수 있다. 이러한 스팀트랩이 제대로 작동하여 에너지 효율을 높이기 위해서는 스팀트랩을 주기적으로 점검함으로써 고장이 발생함과 동시에 수리하거나 교체하여 스팀의 누출을 막는 것이 최선의 방법이다. 본 고에서는 스팀트랩의 상태를 실시간으로 점검하고 고장 여부를 바로 전달받을 수 있는 무선 스팀트랩 감시 장치를 소개하고자 한다.

본론

스팀트랩은 작동 메커니즘에 따라 다음과 같은

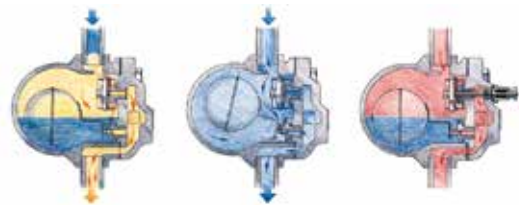
5가지로 분류한다.

플로트식

응축수와 스팀의 밀도 차를 이용하여 플로트로 밸브를 개폐(그림 1)

버킷식

응축수와 스팀의 밀도 차를 이용하여 거꾸로 된 버킷으로 밸브를 개폐(그림 2)



[그림 1] 플로트식



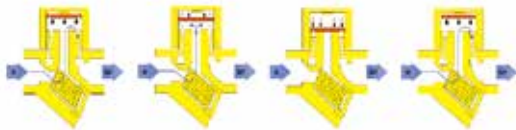
[그림 2] 버킷식



[그림 3] 바이메탈식



[그림 4] 압력평형식



[그림 5] 서모다이내믹식

바이메탈식

스팀과 응축수 온도가 다름을 이용하여 바이메탈의 움직임으로 밸브를 개폐(그림 3)

압력평형식

물보다 낮은 온도에서 비등하는 액체를 캡슐에 넣어서 응축수의 온도가 캡슐 안 액체의 비등점 이상으로 올라가면 캡슐의 부피가 커져 밸브를 폐쇄하고 응축수 온도가 비등점 이하로 떨어지면 밸브를 개방(그림 4)

서모다이내믹식(디스크 식)

베르누이 원리에 따라 디스크 아래를 빠르게 흐르는 응축수의 압력이 응축수 온도의 비등 압력보다 떨어지면 재증발이 발생하여 디스크를 폐쇄하고 재증발된 스팀이 응축하면 디스크가 개방(그림 5)

위와 같이 스팀트랩은 구동 메커니즘에 따라 구조가 다르지만 크게 나누어 보면 스팀트랩의 작동

불량은 다음과 같은 원인에 의해서 발생할 수 있다.

1. 스팀트랩의 밸브 메커니즘을 움직이는 장치의 고장 및 걸림. 예 : 플로트 트랩의 플로트 파손, 디스크 트랩의 디스크 마모 등
2. 스팀트랩 밸브의 오리피스에 이물질에 의해 막힘
3. 스팀트랩 몸체의 핀 홀 발생 또는 파손에 의한 스팀 누출
4. 스팀트랩은 정상이나 스팀트랩 1차 측 압력 저하 또는 2차 측에 과도한 배압이 발생하여 차압이 형성되지 않아 응축수 배출정지 조건 발생

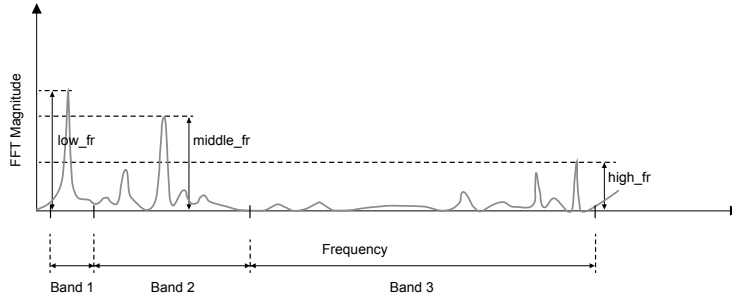
위 스팀트랩의 작동 불량 중 1, 2, 3번은 고장 원인을 파악하여 수리하거나 교체하면 해결할 수 있으나 4번의 경우는 스팀트랩의 고장이 아니라 스팀을 사용하는 시스템의 압력과 관련된 문제이므로 스팀 전문가가 아니라면 원인 파악이 쉽지 않다. 비교적 원인이 명확한 1, 2, 3번의 경우도 배관에 설치되어 있을 경우 스팀트랩을 분해하지 않고 고장은 진단하기가 쉽지 않아 에너지가 낭비되는지 모르고 사용하는 경우도 많다.

이러한 이유로 스팀트랩 제조사에서는 대체로 초음파와 온도를 사용하여 스팀트랩의 정상 작동 여부를 진단하는 솔루션을 제공한다.

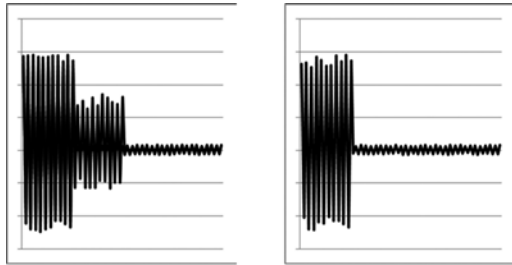
먼저 온도를 측정하여 스팀트랩이 막혀있는지 여부를 점검한다. 스팀트랩이 막힌 경우 응축수가 배출되지 않고 외기로 인해 냉각되므로 온도가 낮다. 온도가 정상적인 응축수 온도이면 스팀트랩은 적어도 막혀있지는 않은 것으로 간주할 수 있다.

스팀트랩에서 스팀과 응축수가 흐르면서 발생하는 초음파는 스팀트랩의 종류, 구경, 흐르는 유체의 상태, 압력 등에 따라 다양하지만 이러한 조건들이 정해질 경우 저마다 독특한 대역과 강도의 초음파를 들려준다.

이러한 초음파의 강도와 대역은 스팀트랩 제조사의 모델마다 고유하므로 한 회사의 진단 소프트웨어로 다른 회사의 스팀트랩을 진단하는 것은 어



[그림 6] 기계식 트랩이 작동할 때 발생하는 초음파 대역



[그림 7] 디스크 트랩이 작동할 때 발생하는 초음파 대역

려운 일이다(그림 6, 7).

스팀트랩의 작동방식이 동일하다면 교육을 받고 다년간의 경험을 가진 진단 엔지니어의 경우 어느 정도 가능하지만, 주관적인 판단에 의한 것이므로 개인별 편차가 발생한다.

진단이 특히 어려운 경우는 고압의 트랩을 진단할 때 정상적인 작동과 스팀이 누출되는 것을 구별하는 것이다. 그 이유 중 하나는 응축수는 압력이 높은 곳에서 낮은 곳으로 이동할 때 재증발현상을 일으킨다는 것이다.

재증발(Flashing) 현상은 높은 압력, 높은 온도인 응축수가 압력이 낮은 곳으로 노출될 때 응축수의 온도가 낮은 압력에서의 비등온도보다 높다면 응축수 일부가 비등하는 현상을 말한다.

이러한 재증발현상은 스팀트랩이 정상적으로 작동하는 경우에도 발생하므로 재증발증기에 의한 초음파와 생증기에 의한 초음파를 구별할 수 있어야 하는데 각 스팀트랩 제조사의 진단 정확도는 이 두 현상을 어떻게 구별하느냐에 따라 많이 좌우된다.

이는 다양한 종류의 스팀트랩과 다양한 압력에서 많은 횟수의 테스트로 축적된 초음파 데이터를 분석하여야 얻을 수 있는 것인데, 이러한 데이터를 가지고 스팀트랩 진단을 자동화함으로써 얻을 수 있는 장점은 개인차에 의한 오진단 가능성을 줄이고 일관성 있는 진단결과를 잘 훈련된 진단 엔지니어가 없이도 얻을 수 있다는 것이다. 또한, 스팀트랩 모니터링 장치를 설치하게 되면 일 년 365일 지속적인 감시가 가능하여 사람이 진단하는 경우 진단 기간 사이에 발생할 수 있는 고장에 의한 스팀 누출도 잡아낼 수 있어 에너지 절감에 더욱더 효과적이다.

한국스파이렉스사코의 스팀트랩 모니터링 장비는 그림 8과 같다.

스팀트랩 모니터링 시스템을 꾸미는 데 있어서 과거와는 달리 현재 유선이 아닌 무선을 선호하는 이유는 다음과 같다.

1. 공정 계기에 영향을 끼치지 않는 낮은 출력에서도 신뢰성 있는 통신이 가능한 무선 기술의 발달
2. 감시용의 경우 제어용보다는 무선의 신뢰성이 다소 부족하다 여겨지더라도 큰 문제가 되지 않으며, 유선을 사용하여 연결하는 경우보다 줄어드는 설치 비용 효과가 보다 부각
3. 헤드 유닛에 배터리를 사용하여 현장에서 탈부착하여도 방폭 조건을 만족하게 할 수 있는 방폭 기술의 발달



[그림 8] 무선 스팀트랩 모니터링 장치 구성



[그림 9] 방폭 제한의 리시버 선택제원

현장의 조건이 방폭을 요구하는 경우, 헤드 유닛은 기본으로 본질안전방폭 제원으로 공급되고 헤드 유닛의 신호를 받아 컴퓨터에 송신하는 리시버의 경우 방폭제한의 리시버는 선택제원으로 공급된다(그림 9).

모니터링 헤드 유닛은 스팀트랩의 상태를 점



[그림 10] 모니터링 헤드

검하고 누출되는 스팀의 양을 계산하여 무선으로 신호를 전달하는 무선 스팀트랩 모니터링 장치의 핵심이다. 모니터링 헤드는 다시 헤드 어셈블리, 센서 어셈블리, 클램프 어셈블리의 세 부분으로 나누어진다(그림 10).

스팀트랩이 설치된 배관에 부착된 모니터링 헤드가 스팀트랩에서 발생하는 초음파를 듣고 이에 대한 정보를 리시버로 전파를 통해 무선 신호로 보내면 리시버는 공장에 설치된 이더넷(Ethernet) 스위치로 정보를 보내고 다시 이 정보는 LAN에 연결된 PC에서 받을 수 있게 된다(그림 11).

무선 스팀트랩 모니터링 장치는 통신용으로 2.4 GHz의 전파를 사용하는데 이 주파수대의 전파는 국가에 별도의 주파수 사용신청을 하지 않고 자율적으로 사용할 수 있는 주파수대이기 때문이다. 2.4 GHz를 사용하는 장비의 한 예로 집안에서 사용하는 인터넷 무선 공유기를 들 수가 있다.

무선 스팀트랩 모니터링 장치는 확실한 통신을 보장하기 위하여 메시 네트워크(Mesh network)를 사용한다. 메시 네트워크란 통신이 일정한 경로만을 취하지 않고 사용이 가능한 경로로 다양하게 이동할 수 있는 네트워크를 말한다.

그림 12에서 번호가 매겨져 있는 네트워크의 구성 요소를 노드(node)라고 하는데 1에서 6까지 가는 경로가 1-2-3-4-6으로 갈 수도 있지만 메시 네트워크에서는 1-5-4-6으로도 또는 가능하다면



[그림 11] 통신 흐름도

1-6으로도 연결이 가능하다.

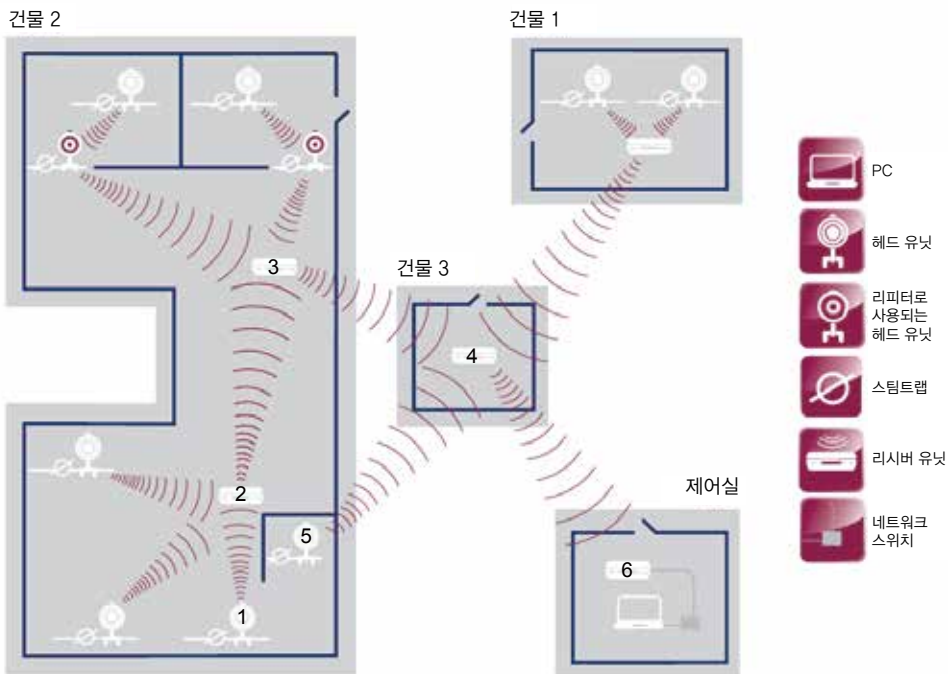
이렇게 메시 네트워크를 구성함으로써 2번 노드가 고장 등의 이유로 사용할 수 없는 경우에도 데이터의 통신은 유지될 수 있어 신뢰도가 높은 네트워크라고 할 수 있다.

스팀트랩 모니터링 장치는 2.4 GHz 주파수, 메시 네트워크를 사용하는데 통신 프로토콜은 두

가지의 선택제원이 있다.

표준으로는 Zigbee 프로통신 프로토콜을 사용한다. Zigbee의 특징으로는 낮은 전력 소모량을 들 수 있는데 이를 통해 배터리 교체 없이 수년간 통신 상태를 유지할 수 있다.

또 하나의 선택제원은 ISA100.11a 프로토콜이다. 무선 통신의 경우 제3자가 주파수를 수신하여



[그림 12] 스팀트랩 모니터링 장치의 메시 네트워크



통신을 도청할 수 있고 해킹할 수 있는 가능성이 존재한다. 산업계에서 해킹은 큰 위협으로 다가올 수 있는데 이러한 예로 들 수 있는 것이 2010년 6월에 발견된 스틱스넷(Stuxnet)이라는 웜(worm)이다.

스틱스넷은 이란의 우라늄 농축 시설을 공격하기 위한 것으로 추정된다.

물론 스틱스넷의 경우 USB를 통한 컴퓨터 감염이 원인으로 추측되지만 산업장비인 PLC를 공격할 수 있다는 데서 무선통신 장치의 보안이 이슈로 떠오르고 있다. ISA100.11a 표준의 특징 중 강조할 만한 것이 보안성이며 여타 무선통신 프로토콜에 비해 강화된 것이다. 먼저 AES 128 bit 암호화와 비대칭 열쇠(PKI), 통신 패킷마다 타임 스탬프 정보를 갖게 하는 등 보안성을 강화하였다.

결론

전통적으로 현장 계장부서에서는 신뢰성을 이유로 유선 장비를 선호해 왔지만 기술의 발달로 인한 무선의 신뢰성 제고, 설치 및 배선에 따른 설치비용의 증가로 제어가 아닌 부분에서부터 무선의 사용이 활성화되는 움직임을 보이고 있다.

스팀트랩의 경우 지속적인 모니터링 활동이 유지되면 초기에 에너지가 누출되는 것을 막을 수 있어 에너지 절감에 크게 기여할 수 있는 아이템이다.

전 지구적인 이슈가 된 탄소배출량 감소를 위해 에너지 누출량을 모니터링 하고 관리할 수 있는 체계가 정착되어 탄소배출량 감소의 초석이 될 수 있기를 바라는 바이다. 