



진동 측정을 이용한 펌프 캐비테이션 감지

Renard Klubnik, Wilcoxon Research

캐비테이션은 설비관리자가 인지하기도 전에 펌프 내부를 파손시키는 파괴적인 현상입니다. 초기 감지는 최소한의 피해와 정지시간의 감소 및 비용을 절감할 수 있습니다. 캐비테이션은 펌프로 유입되는 유체의 압력 감소로 인해 기화현상이 발생할 때, 기포 발생을 유발합니다. 기포들은 펌프 임펠러에 의해 압축되어 파열됩니다.

유체 내의 진공으로도 알려진 유체에 포함된 기포가 터질 때, 망치로 얇은 금속 면을 두드리는 것과 유사한 소음이 발생합니다. 이런 현상은 펌프 내부를 침식 시킵니다. 점검작업을 수행하지 않는다면, 결국 펌프는 고장 날 것입니다. 캐비테이션은 흡입되는 유체의 양정(Head)이 증발 압력보다 높게 하여 방지할 수 있습니다. 이것이 설계 목표이지만, 공정 변수들은 양정을 감소시키는 요인이 될 수 있으며, 결국 캐비테이션이 발생합니다.

기포가 터지는 것은 펌프 내부에 충격력을 발생시키는 심각한 현상입니다. 이런 충격은 펌프 구조물에 고주파수의 공진을 야기합니다. 그런 고주파는 일반적인 펌프의 운전범위 이상에 존재하기 때문에 고주파를 측정할 수 있는 특별한 센서가 개발되었습니다.

최대 진폭을 측정하고 주파수 대역이 설정된 가속도 측정 진동센서는 보통 캐비테이션이 발생하는 주파수만 검출합니다.

모터와 펌프의 1X 및 베인 통과주파수는 측정범위에 포함되지 않습니다. 이런 종류의 루프파워 센서는 4mA에서 20mA까지 측정된 진동 크기에 비례하는 출력 신호를 제공합니다. 4~20mA 출력센서는 PLC와 DCS같은 공정제어시스템에서 손쉽게 신호를 입력하고, 경보설정을 할 수 있기 때문에 선정되었습니다.

효과를 검증하기 위해 펌프제작사는 정변위 펌프에 센서를 설치하고, 캐비테이션 발생 실험을 수행하였습니다. 펌프는 359 rpm으로 운전되었습니다. 진공펌프가 이 펌프의 흡입구에 설치되어 입력 양정을 제어하였습니다.

펌프가 기동되었을 때, 그림 1에서 보는 것과 같이 센서는 4mA보다 약간 높은 고주파 진동을 측정하였습니다.

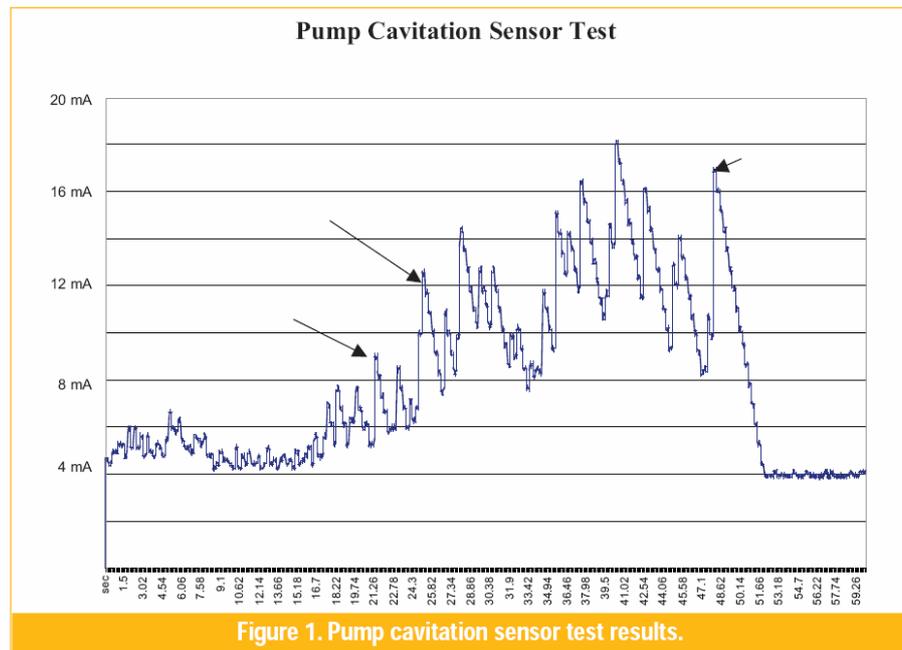


Figure 1. Pump cavitation sensor test results.

입구 압력을 감소시켰을 때, 펌프에서는 캐비테이션이 발생하였습니다. 펌프 양정 압력감소와 캐비테이션 현상으로 펌프 내부에서는 "망치로 두드리는 효과"가 발생하였고, 그래프에서 보는 것과 같이 즉시 센서에 측정된 진동치도 증가하였습니다. 고주파 신호는 기계구조물 상에서 짧은 지점 사이에서도 급격히 감소되는 경향을 가지고 있으므로, 주변 기계에 의해 미세한 영향이 있습니다. 그러므로, 다른 설비들에서 생성되는 신호에 대해서는 큰 고려를 하지 않았습니다.

센서의 최대진폭 검출 회로는 캐비테이션과 관련이 있는 주파수 영역의 진동 진폭에 신속히 응답하도록 합니다. 최대진폭 검출 회로에 사용된 긴 상수값은 측정된 값을 저장할 수 있도록 유지하는데 적절합니다.

일반적인 진동 센서를 사용한 경우, 캐비테이션이 발생하여도 그림 1과 같은 진폭의 변화가 나타나지 않습니다. 이유는 펌프의 운전속도에서 발생하는 진동신호가 지배적이기 때문에 고주파 신호의 변화를 미미한 크기로 만들기 때문입니다.

많은 펌프들이 원거리에 위치하거나 설비 관리자들이 주기적으로 순시하지 않는 곳에 위치하므로, 정확하고 신속하며 원거리에서 캐비테이션을 감지할 수 있는 기능이 중요합니다. 4-20mA 신호가 센서에서 출력되고, DCS 또는 PLC로 입력되면, 루프 파워 센서는 문제가 발생한 펌프에 대해 운전원들에게 경보를 발생하는 용도로 사용될 수 있습니다. 이를 통해 되돌릴 수 없는 피해가 발생하기 전에 정비작업을 수행할 수 있습니다.

펌프에 캐비테이션이 감지되어도 정지가 불가능한 경우에도 캐비테이션 발생에 대한 지식은 설비 관리자들에게 도움이 됩니다. 식품 제조와 같은 분야에서는 이러한 지식이 최종생산물의 품질에 영향을 미치기도 합니다.

다른 중요성은 냉각조건과 관련 될 수 있습니다. 캐비테이션이 발생하면 펌핑 용량이 감소되며, 이런 경험을 가진 운전원은 최소 유량을 유지하기 위해 더 많은 펌프를 가동할 것입니다. 가장 중요한 것은 최소 비용입니다. 운전원은 설비를 효율적으로 운전하고, 고비용의 정비작업을 방지하며, 전체 운전 효율을 향상시킬 수 있을 것입니다.

그림1은 시험동안 4-20mA 루프 신호 출력을 보여줍니다. 캐비테이션은 21.26초에 시작되었고, 펌프는 24.98초에 최대의 캐비테이션에 도달하였으며, 48.12초에 수동 정지시켰습니다. 최대의 캐비테이션이 발생하는 25초에서 쉽게 판단이 가능하지만, 데이터는 최초 8mA 이상의 진동이 기록된 21초 근처에서 캐비테이션이 시작됨을 센서가 감지하였을 나타냅니다. 정상적인 펌프의 운전은 0초~18초 사이와 같이 미세한 진동 변화를 보이고, 센서 출력은 펌프 정지 후 4mA가 됩니다.

일반진동센서가 사용되었을 때 흥미로운 점이 있는데, 그림1은 펌프의 운전속도가 진동신호를 지배하기 때문에 캐비테이션이 발생하여도 전체 진폭에서는 거의 변화가 관측되지 않았습니다.

**Renard Klubnik is an applications engineer at Wilcoxon Research, Inc.,
20511 Seneca Meadows Parkway, Germantown, MD 20976,
Tel.: 301-330-8811, Fax: 301-330-8873, www.wilcoxon.com**



