



## 증기 생산에 안전성과 신뢰성을 더하는 전자 레벨 게이지

발전소는 보일러의 효율성, 신뢰성, 그리고 안전한 운전이 핵심이다. 열효율이 보일러 운전에 중요한 요소지만, 보일러가 생산하는 고품질의 증기와 이 증기의 효과적인 이용 역시 중요하다. 현대의 수관식 보일러들은 연료를 태워 열을 최대한 용수로 전달하며, 순도 높고 건조한 과열 증기를 터빈에 공급하도록 설계되어 있다. 보일러 위쪽에 위치한 증기 드럼으로 알려진 베셀(Vessel)이 증기와 용수의 혼합물을 분리하는 역할을 한다. 드럼의 위쪽으로 포화상태의 증기가 빠져나와 과열기를 통과하면 과열 증기가 생성되어 터빈을 돌린다. 증기 드럼 아래쪽에 모인 물은 다시 수관으로 돌아가게 된다.

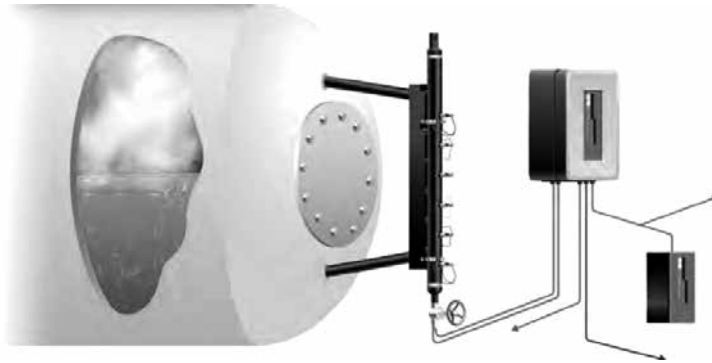
증기 드럼에는 혼입 증기 기포와 물의 불안정한 혼합물과 증기가 존재한다. 증기 드럼 내에서 액체 상태인 용수량을 일정하게 유지하려면 증기 수요량 변화를 유발하는 압력 변화 처리를 위한 복잡한 제어시스템이 필요하다. 증기 수요량은 증기 드럼 내의 압력에 반비례하는데, 수축과 팽창 두 가지 현상을 일으켜 증기 레벨 조절을 어렵게 한다.

증기 수요량이 감소하면 드럼의 압력은 증가한다. 압력이 높아지면 혼입 증기 기포들이 응축하는데, 실제 드럼 레벨이 증가하는 중이어도 레벨이 줄어드는 듯한 현상을 불러온다. 반대로 증기 수요량이 증가하면 드럼의 압력은 줄어들고, 증기 기포가 확장하여 드럼 레벨이 팽창하는 듯 보인다. 이 수축과 팽창을 처리하기 위해 두세 개의 측정 포인트를 가진 제어시스템을 사용한다. 3원(Three-element) 제어시스템은 증기 드럼 내의 증기 유량과 급수율, 급수 레벨을 모니터링하는데, 증기 유량은 압력 측정을 통해, 급수율과 급수 레벨은 직접적으로

Robin Hudson  
(product and  
applications support manager)

에머슨오토메이션솔루션즈(주)

출처 : CONTROL ENGINEERING ASIA



Hydrastep system

모니터링한다.

증기 드럼의 증기와 용수 레벨의 정확하고 신뢰성 있는 모니터링은 필수적이다. 만약 레벨이 너무 낮으면 드럼과 튜브들이 과열되어 손상될 수 있고 보일러가 폭발할 위험도 있다. 만약 레벨이 너무 높으면 물이 터빈 안으로 침투하여 터빈의 블레이드와 실린더, 하우징에 막대한 손상을 줄 수 있다. 발전소에서 이러한 손상을 복구하려면 몇 달, 혹은 몇 년이 걸릴 수도 있으며, 다운타임으로 인해 생산량과 수익에 수백 만 달러 규모의 손해를 끼칠 수 있다. 보일러가 주어진 파라미터를 벗어나 운전되지 않고, 위험한 상황 예방을 위해 끌 수 있도록 보일러에 맞게 설계된 안전 및 모니터링 장비는 매우 다양하다. 여기에는 경보기, 용수 레벨 제어, 연소기 제어, 압력 방출 밸브 등이 포함된다. 예를 들어, 용수 레벨 조절 장치가 있으면 최초의 용수 로우레벨(Low-water-level) 경보를 통해 용수 레벨이 낮을 때 보일러 가동을 막고, 용수 레벨이 적정 수준까지 올라갔을 때 재가동되게 할 수 있다. 두 번째 경보는, 용수가 최초 경보 수준보다도 낮은 레벨일 때 작동하는데, 보일러를 완전히 켜다가 다시 가동하려면 수동으로 재시작해야 한다.

이러한 어플리케이션에 사용할 수 있는 레벨 관련 기

술은 열 가지 이상이다. 드럼 레벨은 대개 드럼에서 직접 측정된 값과 제어실에서 측정된 값에 의해 표시되는데, 제어실에서는 상황에 따라 엔지니어가 비상 섀다운을 할 수 있다. 경보가 잘못 작동하여 발전소의 잠재적 수익에 막대한 손해를 초래하는 일을 막으려면 이 다수의 포인트에서 굉장히 정확한 모니터링이 필요하다. 미국에서는 법적으로 증기를 생산하는 발전소들이 급수 레벨을 모니터링하고 측정할 것을 요구하고 있다. 미국기계학회(ASME) 보일러와 압력 용기 코드(BPVC)는 보일러와 압력 용기의 설계와 제작을 규제하는 ASME의 기준이다. 이 기준은 널리 채택되어 100개 이상의 국가에서 ASME BPVC를 정부 안전기준으로 삼는다. ASME BPVC 섹션1 PG-0에는 용수 레벨 측정 장비에 필요한 대부분의 기준이 열거되어 있으며, 주로 보일러의 안전한 운용에 초점을 맞추고 있다.

1. (PG60.1) 고정 용수 레벨(증기와 물의 접점)을 가진 보일러들은 모두 최소 1개의 게이지 글라스(물 레벨을 눈으로 확인할 수 있게 하는 투명한 장치)를 갖춰야 한다.

2. (PG-0.1.1) 최대 허용 작동 압력이 400 psi(3MPa)를 초과하는 보일러들은 게이지 글라스 2개를 갖춰야 한다. 하나의 게이지 글라스 대신, 두 개의 독립적이고 분리된

용수 레벨 측정기(용수 레벨을 지속적으로 측정, 전송, 표시하는 두 개의 개별 시스템)의 사용도 가능하다.

3. (PG-0.1.1) 제어 활동이 일어나는 해당 구역의 운전원이 하나 이상의 게이지 글라스에서 용수 레벨을 볼 수 없으면, 광섬유 케이블을 (광신호를 전자신호로 바꾸는 과정 없이) 사용하거나 미러를 설치하여 용수 레벨의 광학적 이미지를 제어 구역으로 전송해야 한다. 또는 대안으로써 다음 중 두 가지를 조합하여 사용해야 한다. a. 원거리에서 용수 레벨을 독립적으로 표시하는 장치, b. 게이지 글라스의 용수 레벨 이미지의 지속적이고 독립적인 전송 및 표시

4. (PG-0.1.1.2) 두 개의 독립적인 원격 용수 레벨 표시 장치들이 제대로 작동하고 있으면 (지속적으로 용수 레벨을 표시) 게이지 글라스는 꺼도 되지만 언제나 사용 가능한 상태로 유지해야 한다.

이전에는 눈으로 확인할 수 있는 사이트 글라스(레벨 게이지)가 보일러 드럼에 적합했다. 그러나 이는 신뢰성 문제를 불러올 수 있으며, 집중적인 유지보수가 필요했다. 드럼은 일반적으로 제어실에서 멀리 떨어져 있으므로 레벨을 엔지니어링팀에 보고해 줄 제2의 감시 장비가 필요하다. 이 장비들을 효과적으로 이용하려면, 1년 365일 하루 24시간 모니터링해야 한다. 베셀 내의

레벨 측정을 위해서는 기계적이고 광학적인 방법들이 사용되지만 그런 장비들은 마모되기 쉽고, 따라서, 정기적인 점검과 유지보수가 필요하다는 단점이 있다. 이는 유지보수 비용을 증가시키고, 24시간 365일 운전해야 하는 발전소에 있어 유지보수를 위해 매번 다운타임을 항상 가질 수 있는 것도 아니다. 이는 결국 유지보수의 비효율성으로 이어지고, 신뢰성에도 문제를 가져온다. 사이트 글라스는 요즘도 여전히 사용되지만, 다른 방법을 모두 사용할 수 없을 때 드럼 레벨을 확인하는 최후의 수단이다.

따라서 전력업계는 믿을 만한 이중의 레벨 모니터링 기술을 필요로 하는데, 이러한 고객의 요구에 따라 전자 증기/용수 계측 시스템이 탄생하게 되었다. 에머슨은 이 기술을 선도해왔으며, Mobrey™ Hydrastep 전자 계측 시스템은 다수의 사례에서 산업 표준으로 여겨졌다. 이 시스템들은 보일러에 부착하는 용수탑 내부에 설치된 여러 개의 전극들로 구성되어 있다. 전극은 용수 레벨이 정상치를 넘거나 부족한지 감시하는 '눈' 역할을 한다. 용수탑 양쪽에 전극이 나열되어 별도의 특수한 케이블을 통해 전자 유닛에 연결된다. 이런 구성을 통해 시스템의 어떤 부분에서 고장이 발생해도 이중으로 보호할 수 있다.

측정의 기본 원리는 매우 간단하다. 전극이 계속해서



Industrial boiler

접지의 저항 변화를 찾는다. 이웃한 두 전극 간의 저항에 큰 변화로 용수 레벨을 파악한다. 이 장비를 이용함으로써, 최종 사용자는 경보와 트립을 설정하여 엔지니어링팀을 도울 수 있다. 경보 중계 출력(Relay outputs)으로 하이레벨과 로우레벨 경보 표시나 트립을 전달한다. 해당 구역과 다른 곳에 각각 설치된 디스플레이들을 통해 운전원들은 보일러 레벨을 손쉽게 볼 수 있다. 또한 시스템 내부 또는, 연관된 배선이나 전력에 문제가 발생했을 때에도 경보와 트립이 작동한다. 문제를 감지하는 이러한 운전을 통해 정기적인 점검의 필요성이 줄어들게 된다. 문제 발생 상황 역시 디스플레이에 나타난다.

증기와 용수 양쪽 모두의 감지를 요구하는 어플리케이션에 있어 저항 측정법은 검증된 기술이다. 용수 레벨을 측정하거나 용수와 증기를 구별해야 하는 상황에 전자기적 방법을 사용하면 기계적 방법과 비교했을 때 부품이나 기계를 움직일 필요가 없으므로 매우 높은 수준의 시스템 자가 점검과 무결성을 갖출 수 있다. 이는 정기적인 점검 수요를 획기적으로 줄여준다.

발전소의 안전에 보호와 예방이 중요하지만, 거짓 트립(False trip) 또한 주요한 문제다. 그러므로 터빈 내 용수 존재의 감지와 예방을 위해 시스템이 완전히 신뢰성을 갖추어야 함은 물론, 발전소의 효율성과 처리량을 떨어뜨리는 불필요한 트립 또한 방지해야 한다. 이 시스템들의 신뢰성은 시스템 내부의 용수 존재에 달려있다. 용수는 대개 깨끗하지만, 오수가 존재하면 전극이 오염될 수 있다. 그러나 보다 정교한 시스템들의 경우, 장애나 트립을 유발하지는 않는다. Factory Mutual Research 리포트에 따르면, 에머슨의 Hydrastep이 실제 트립 상황을 놓칠 확률은 3억 분의 1 미만이다. 불필요한 트립이 발생할 확률은 1천만 분의 1 미만으로 나타났다.

## 신뢰성 높은 어플리케이션

이 어플리케이션의 우수한 신뢰성은 중국에서 제대로 확인되었다. 장쑤성의 석탄화력발전소에는 증기 드럼 레벨 표시와 경보를 제공하는 시스템이 구축되어 있었다. 그러나 2년도 지나지 않아서 전극이 누출되어 이상 경보와 불필요한 트립이 발생하였다. 이는 기존의 경보 시스템이 이상 상황에서 보일러의 트립을 가져올 것이라는 신뢰도 하락으로 이어졌다. 누출은 전극과 용수탑 사이의 연결 부위(Seal)와 전극들 자체에서 일어났다. 전극들을 교체해야 했지만, 이로 인해 전선이 더욱 마모되어 누출율이 더 증가하는 결과로 이어졌다. 이 문제로 인해 불필요하게 많은 유지보수 비용이 낭비되었음은 물론이고, 고온/고압 환경에서 유지보수를 책임지는 담당자들의 위험도 역시 증가했다.

신뢰성 문제가 커짐에 따라, 해당 발전소에서는 증기 드럼의 계측을 위한 시스템을 Mobrey Hydrastep 2468 전자 계측 시스템으로 교체하기로 결정했다. 이 시스템은 전 세계적으로 수천 개의 어플리케이션에 설치되었고, 훌륭한 신뢰성을 입증해왔다. 중요한 특징은 신종 금속과 고품질 세라믹으로 구성된 전극들이 까다로운 특수 조건에서 용접되어 누출의 위험이 줄어들었다는 것이다. 두 개의 Hydrastep 시스템들이 각각의 드럼에 설치되어 Hi와 Hi-Hi 경보기를 위한 출력을 제공해 보일러 트립을 구동한다. 제어실에 위치한 디스플레이는 운전원에게 지속적으로 레벨 표시를 제공한다. 설치한 지 12개월이 지났지만 누출이 보고된 적도 없었고, 트립이나 보일러 섯다운이 잘못 발생한 적도 없다. 유지보수에 들어가는 시간과 비용 역시 크게 줄고 작업자들의 위험도도 훨씬 낮아졌으며, 이제 증기 드럼 경보 시스템에 대한 확실한 믿음이 생겼다.