발전소에서 용존 산소 측정

소개

용존 산소는 발전소 증기 사이클의 설비 부식에 있어 가장 큰 원인이며 수많은 공정설계 및 화학 관련 요소들의 영향을 받습니다. 이러한 요소들은 사이클링 대 기저 부하 운전, 드럼 대 관류 보일러 설계, 급수 시스템 금속학, 인산염 대비 전휘발성 처리법 및 동작 압력을 포함합니다. 이 보고서는 물 루프의 여러 가지 수화학 체계와 결합하여 효율적인 용존 산소 측정을 위한 주요 위치에 대해 기술합니다.

수화학 및 용존 산소

VGB(전력 및 열 생성에 관한 유럽 기술 협회)와 EPRI(전력연구원, 미국) 등의 단체에서 권장하는 대로 수질 시스템의 pH 및 순도와 결합하여 산소 농도를 평가해야 합니다. 고순도 물을 사용하여 산소 농도를 증가시키고 pH를 감소시켜 강철 파이프 보호를 향상시킬 수 있습니다. 이러한 개선은 자철석 보호층이 적철석으로 산화되어 이루어집니다. 적철석은 훨씬 미세한 결정질 구조를 통해 더 낮은 가용성을 제공하여 다공성 자철석 구조를 밀봉합니다.

고순도 물을 사용할 수 없는 경우 낮은 산소 농도에서 pH의 증가에만 의존하여 보호해야 합니다. 그러나 매우 낮은 산소 농도는 주의가 필요한 강력한 환원제(용존 산소 제거제)의 추가를 통해서만 달성할 수 있습니다.

발전소에 적용된 수화학에 따라 산소를 낮은 농도(AVT)로 유지하거나 특정한 범위(OT) 내에서 유지해야 합니다.

일반적으로 산소 주입 처리법(OT)을 사용하는 발전소는 50 - 200 ppb 사이의 보일러 급수 산소 농도를 사용하여 작동하므로 연장된 서비스 수명에 기반하여 산소 측정기를 선택해야 합니다. 이러한 상황에서 새로운 발광 산소 센서 기술(LDO)은 센서 정비 없이 최대 1년간의 연속 동작을 통해 이러한 요구 사항을 완전히 만족시킵니다.

반면에, 고압 증기 사이클이 있는 수화학의 “전휘발성 처리(AVT)” 형식을 사용하는 발전소는 일반적으로 5 ppb 미만의 보일러 급수 용존 산소 농도와 20 ppb 미만의 응결 농도를 유지합니다.



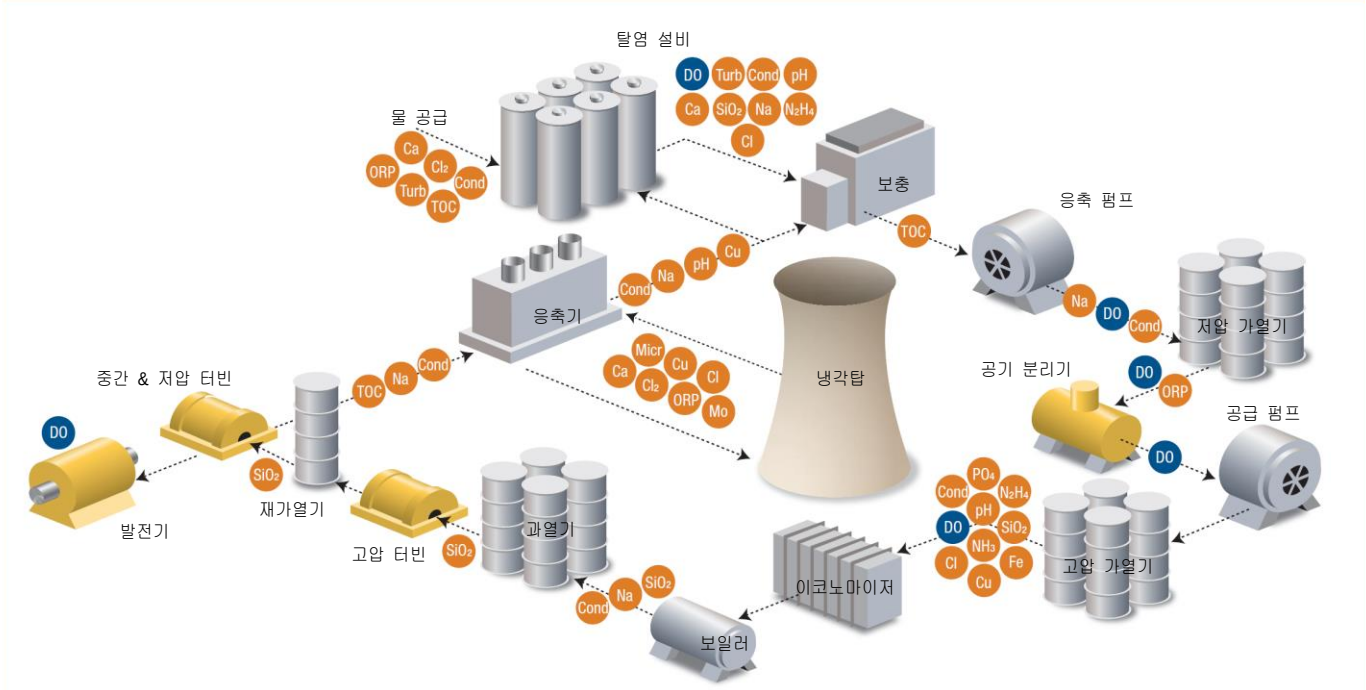
따라서 산소 측정기는 감도가 좋아야 합니다. 이 시나리오의 경우, 대다수 경우에 LDO 형식 센서를 사용할 수 있지만 전기 화학식 센서는 기준인 1 ppb 미만의 산소 농도를 유지합니다.

여러 가지 수화학 체계 및 약어:

- **AVT:** 급수에 휘발성 알칼리화제만 첨가하는 처리 방법.
- **AVT(R):** 구리 합금을 포함하는 장치에 권장하는 환원 조건(환원제 첨가).
- **AVT(O):** 산화 조건(현재의 잔류 산소). 철 야금을 포함하는 장치에만 해당.
- **OT:** 급수에 휘발성 알칼리화제와 산소를 첨가하는 처리 방법. 철 야금과 고순도 급수를 포함하는 장치에만 적합합니다.

HACH®

Be Right™



용존 산소 측정 위치

일반적으로 보일러 급수, 공기 분리기 출구, 응축액 배출물에서 용존 산소를 지속적으로 분석합니다.



수증기 사이클에서 패널에 장착된 산소 센서

발전기 고정자 냉각수 내 용존 산소 측정

고정자 냉각 시스템의 경우 부식이 아닌 임계 영역 내의 침전물 누적이 문제의 주요 원인이므로 고정자 냉각수의 수화학은 주요 물 루프와 다릅니다.

용존 산소와 pH는 산화 구리의 발생과 배출에 다르게 영향을 미치는 다양한 수처리 방식을 주도합니다.

낮은 산소 농도 (<10 ppb) 및 중성 pH	높은 산소 농도 (>2000 ppb) 및 중성 pH
낮은 산소 농도 (<10 ppb) 및 알칼리성 pH(8-9)	높은 산소 농도 (>2000 ppb) 및 알칼리성 pH(8-9)

4가지 가능한 고정자 냉각수 처리 옵션 중에 3가지만 실행 가능합니다. (M&M 엔지니어링)

고정자 냉각수 처리 옵션 4가지:

- **낮은 산소 농도, 중성 pH 옵션.**
  이 처리 방식은 고정자 냉각 시스템의 약 50%에서 발견됩니다. 비활성 산화제일구리의 얇은 막은 구리관을 보호합니다.
- **낮은 산소 농도, 높은 pH 옵션.**
  산소 투과 과정 동안 고정자 내 물의 pH가 8-9까지 증가하면 부식 반응이 크게 감소합니다.
- **높은 산소 농도, 중성 pH 옵션.**
  냉각수 내의 용존 산소 비율을 항상 높은 수준으로 유지하는데 목적이 있습니다. 물 기반 고정자 냉각 시스템의 40%가 이러한 파라미터로 동작한다고 추정됩니다. 이 방식에서, 표면에 달라붙어 금속에 비활성층(passive layer)을 생성하는 CuO가 구리에 형성됩니다. 이 층은 낮은 산소 농도 조건에서 형성되는 Cu_2O 보다 두껍게 형성되는 경향이 있습니다.
- **높은 산소 농도, 높은 pH 옵션.**
  이 방식은 막대 클립의 부식 가능성을 높이므로 권장하지 않습니다.

HACH
Be Right™

일반적인 설치



ORBISPHERE 샘플링 패널

위의 그림은 표준 ORBISPHERE 패널을 나타냅니다. 샘플은 3방향 밸브를 통해 흐름 챔버(flow chamber)의 중앙으로 들어갑니다. 이 밸브를 사용하여 샘플 흐름을 중단하고 유입 라인을 정화할 수도 있습니다. 모든 라인은 Swagelok®에 연결되어 공기 침입 위험을 방지합니다. 조절 밸브가 있는 유량계는 흐름 챔버 뒤에 위치합니다. 이러한 구성에는 몇 가지 이유가 있습니다.

- 가압경수로(PWR) 냉각수 내의 수소(H_2)처럼, 물 샘플에 포함된 다른 용존 가스의 농도가 높은 경우 샘플 내의 압력이 유지되어 측정하기 전의 가스 제거가 방지됩니다.
- 유량계의 노화, 특히 조절 밸브의 낡은 개스킷으로 인해 발생할 수 있는 공기 오염 위험을 방지하려는 이유도 있습니다.

센서는 그림에서와 같이 흡입 밸브와 흐름 챔버 위에 수직으로 장착합니다. 이 위치에서 챔버에 들어가는 가스 기포가 센서를 지나 빠르게 움직여 출구 포트를 통해 배출됩니다.

샘플링 시스템을 설계할 때 일반적인 샘플링 문제를 피하기 위해 주의를 기울여야 합니다. 샘플링과 관련하여 일반적으로 발생하는 문제는 온라인 분석기와 이동식 장치 사이의 불일치입니다.

이 문제는 산소를 라인에 지속적으로 "공급"하는 샘플 라인의 누출에 의해 가장 자주 발생합니다. 샘플 흐름이 증가하면 일반적으로 산소 측정값이 감소합니다.

온라인 산소 장치의 교정 및 검증

온라인 교정 또는 검증 도구로 ORBISPHERE 3100 산소 분석기 등의 최신 이동 기기를 사용할 수 있습니다. 먼저 실험실 내에서 추적 가능한 표준에 맞추어 이동 기기를 교정한 후 발전소 전체의 이동 기준으로 사용합니다. 온라인 분석기에는 직접적인 교정 기능이 있으므로 동일한 샘플링 위치에서 연결된 이동 기기를 사용하여 불과 몇 초만에 교정합니다. 이 시나리오에서 외부 공식 표준에 대한 링크와 추적성을 완전히 보장합니다.

용존 산소 측정에 대한 LDO 기술은 측정 장치가 대기 모드인 경우에도 장기간의 안정성을 제공합니다. 몇 주 또는 몇 개월 동안 작동하지 않아도 이러한 동작 기준에 대한 계측 특성에 영향을 주지 않습니다.

전기 화학 센서가 장착된 ORBISPHERE 3655 이동식 산소 분석기는 센서 잔류값이 0.1 ppb까지 내려가는 5 ppb 미만 수준에 대한 절대 기준입니다.



이동식 산소 분석기 ORBISPHERE 3100 및 3655

HACH®
Be Right™

HACH LANGE 솔루션: Orbisphere K1100 센서

매년 1회 교정
기존의 전기 화학식 센서는 불과 몇 개월 후에 상당한 드리프트가 발생하여 정기적인 재교정과 상당한 동작 시간이 필요합니다. ORBISPHERE K1100 센서는 자체 발광 기술을 사용하여 드리프트를 최소화하도록 설계되므로 업계에서 교정 간격이 가장 긴 가장 안정된 센서입니다.

막 없음 = 유지 보수 2분
막의 교체, 전해질 용액 보충, 유해한 화학 물질이 필요 없는 K1100 센서는 연간 불과 2분의 유지 보수 이외에, 다른 유지 보수가 사실상 필요 없습니다.

낮은 개보수 비용
K1100 센서는 이전에 전기 화학 센서와 함께 사용된 ORBISPHERE 28 mm 흐름 챔버와 호환되므로 새로운 연결을 용접하거나 추가 및 시험하는 공학적인 변경이 필요 없는 이상적인 개보수가 가능합니다.

새로운 신뢰 수준
LDO에는 예열 및 안정화 시간이 필요하지 않으므로 전체 계측 장치에 대한 빠른 반응 시간이 필요한 피크 부하 발전소에 강점을 제공합니다. 교정없이 타의 추종을 불허하는 장기간의 측정 기간으로 측정 빈도를 설정할 수 있습니다.



ORBISPHERE K1100 온라인 산소 센서 및
ORBISPHERE 410 컨트롤러

참고 자료
[1] Dooley, R. B. Power Plant Chemistry 2002, 4(6), 320.
[2] David G. Daniels, Forgotten water: Stator cooling water chemistry, M&M Engineering, Power, Dec 15, 2007.
[3] Dunand, F. et al.; LDO sensor to monitor power plant water and team cycles – PPChem 2006, 8(10).
[4] Optische Sauerstoffmessung in Kraftwerken, VGB Powertech, p119-124, 9, 2012

신축성 있는 서비스 계약을 통해 지속적인 작동을 보장합니다

발전소를 하루 24시간씩 일주일 내내 작동하든 또는 온라인으로 피크 부하를 충족시키든 관계없이 설비 폐수와 증기 사이클의 수질을 모니터링해야 하는 특별한 과제가 있습니다.

HACH –서비스는 유지 보수에 도움을 주면서 무결함 작동과 신뢰할 수 있는 결과를 보장하도록 지원합니다.

HACH 는 최대 5년까지의 보증 연장 옵션을 포함하여 고객의 수요에 맞는 유연한 서비스 계약을 제공합니다!

DOC043.84.30208.Apr14

HACH
Be Right™