



ABB CoreSense™ sensors

- 변압기 오일 내 용존 가스(DSA) 온라인 모니터링 가스 분석기

오늘날의 전기 그리드(Electrical grids)는 수백만 개의 변압기로 구성되어 있으며, 이러한 변압기들은 적절하게 보수를 해줘야 그 성능을 유지할 수 있다. 변압기의 중요한 관리 항목인 변압기 오일(Transformer Oil)의 용존 가스 분석(DGA : Dissolved Gas Analysis)용 ABB CoreSense™를 소개하고자 한다.

변압기 절연(Transformer insulation)은 근본적으로 변압기 오일과 도체를 둘러싼 셀룰로오스 종이(Cellulose paper) 등으로 이루어진다. 변압기의 정상 작동 시, 자연적으로 온도 및 부하 사이클로 인한 절연 시스템의 노화가 진행되며, 이러한 노후화 과정에서 가연성 및 비가연성 가스가 배출된다.

김 동 휘 과장
CoreSense™ 및
FT-IR/NIR Product Manager
㈜ABB코리아
dong-hwi.kim@kr.abb.com

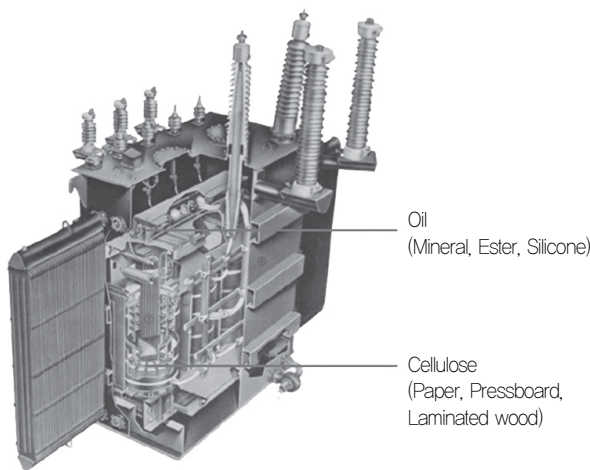
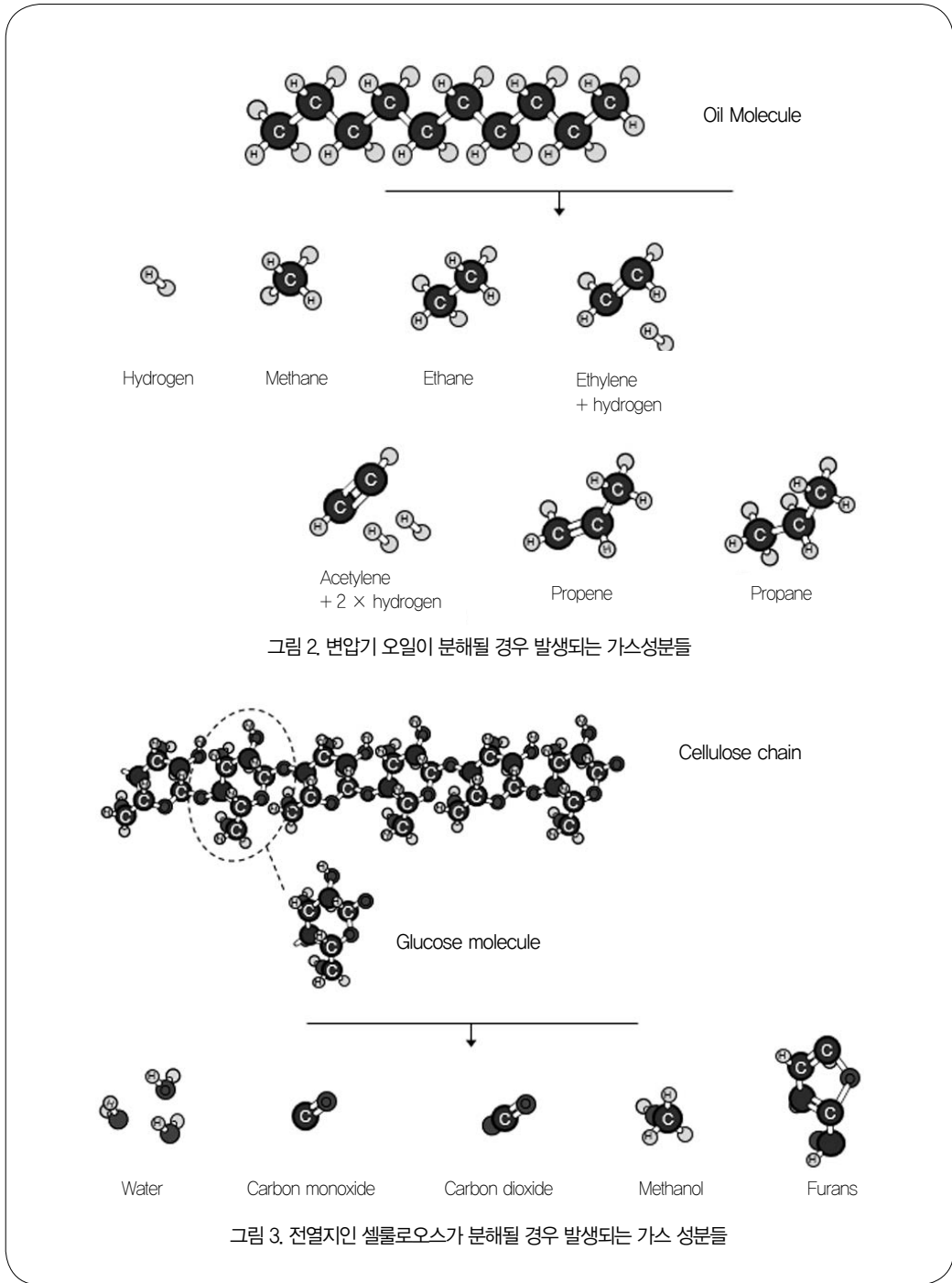


그림 1. 변압기 절연(Insulation) 시스템
: 변압기 오일(전열유)과 셀룰로오스(전열지)



변압기 오일로 많이 사용되는 미네랄 오일과 전열지인 셀룰로오스는 탄소 기반의 분자 구조를 가지고 있는데, 오일과 셀룰로오스의 분해과정에서 가연성과 비가연성 가스와 같은 많은 부산물을 형성한다. 특히, 수소는 변압기 오일과 셀룰로오스에 많이 분포되어 있어, 분해 시 다량 배출된다.

변압기 절연 시스템의 주요 구성분인 변압기 오일과 셀룰로오스의 노화의 주된 요인인 열과 방전 등의 전기적인 부분이다. 셀룰로오스는 열, 산소, 습기에 매우 민감하다. 온도가 높을수록 셀룰로오스의 노화 과정이 빨라지며, 특히 산소나 습기가 있으면 셀룰로오스가 산화되고 가수 분해된다. 이 가수분해 과정에서 배출되는 수분, 산등의 성분이 노화 과정을 더욱 가속화시킨다. 셀룰로오스 분해 과정 속에서 대표적으로 CO, CO₂, H₂, CH₄ 등이 배출된다.

변압기 오일도 고온과 방전과 같은 전기적인 결함으로 분자구조가 분해되며, 이 과정에서 다양한 가스를 배출하게 된다. 변압기 오일은 다양한 탄화수소 구조물로 구성되어 있는데, 이 탄화수소물의 분해는 탄소-수소(C-H) 및 탄소-탄소(C-C) 결합의 파괴로 진행된다. 이 과정에서 수소 라디칼(H+) 및 파괴된 탄화수소 조각이 형성되

고, 수소 분자 혹은 새로운 탄화수소물이 재결합된다. 특히, 탄소-수소(C-H)의 결합은 338 kJ/mole로 약해, 이 결합의 분해는 수소분자의 형성에 주된 요인이다. 또, 분해 및 재배치 과정은 에틸렌 및 아세틸렌과 같은 생성물의 생성되기도 한다. 이러한 가스성분들이 변압기 오일에 녹게 되고, 이를 분석하는 과정이 오일 내의 용존 가스 분석(Dissolved gas analysis DGA)이다. 특히, 수소는 변압기 오일과 셀룰로오스 분해 및 노후화 과정에서 발생하는 대표적인 부산물이며, 변압기 상태를 점검할 수 있는 좋은 척도이다.

Hydrogen & Moisture Monitoring - CoreSense™

앞에서 설명한 것처럼, 수소는 변압기 절연시스템(오일 혹은 셀룰로오스)의 결함뿐만 아니라 노후화 과정에서 가장 쉽고 먼저 발생하는 가스이기 때문에, 변압기 상태를 점검하는 중요한 척도가 된다. 우측 페이지 상단 그림 5에서도 수소는 전 영역의 온도에 걸쳐 발생하며, 온도가 상승할수록 발생량이 증가한다. 따라서, DSA 분석용으로 1개의 Gas 성분만 분석하는 센서가 저렴한 가격으로 많이 대중화되어 있다. One Gas Monitoring 용



그림 4. ABB CoreSense™

도로 센서를 고려할 때는 다음과 같은 사항들을 고려해야 한다.

- 장기적인 신뢰도를 위해선 유지보수가 적어야 한다. 이를 위해 제품 내부의 구동 파트가 없어야 하며, 전처리 과정에서 멤브레인 필터나 펌프 등의 구성이 없어야 한다.
- 정기적인 검교정(Calibration)이 필요하지 않아야 한다.
- 소모품이 필요 없어야 한다.

ABB CoreSense™는 상기의 조건들을 모두 충족시킨다. 또 팔라듐 합금기판(Palladium alloy substrate)을 이용한 수소분석을 하고, 수분(Moisture) 센서를 이용하여 수분을 분석한다. 특히 수소 센서는 진공에 견디며, 온도변화에 둔감하고, 다른 가스에 영향을 받지 않고 분석을 할 수 있다. 별도의 펌프가 필요하지 않고, 설치가 용이하다.

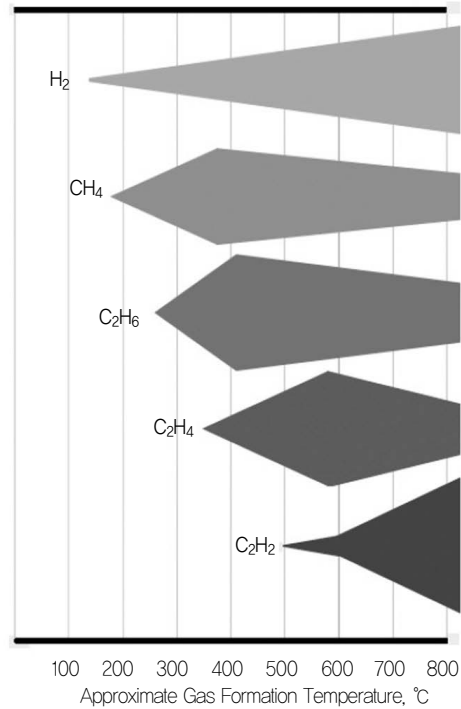


그림 5. 온도에 따른 Gas 발생표

Fault/gas generated	CO	CO ₂	CH ₄	C ₂ H ₂	C ₂ H ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₆	C ₃ H ₈	O ₂	H ₂	H ₂ O
Cellulose aging	+	+									+
Mineral oil decomposition			+	+	+	+	+	+		+	
Leaks into oil		+							+		+
Thermal decomposition of cellulose	+	+	+						+	+	
Overheated transformer core	+	+	+							+	
Thermal faults in oil (150°C to 300°C)			+		Trace	+	+	+		+	
Thermal faults in oil (300°C to 700°C)			+	Trace	+	+	+	+		+	
Thermal faults in oil (>700°C)			+	+	+	+	+	+		+	
Partial discharge			+	Trace						+	
Arching			+	+	+					+	

표 1. 가스 성분표에 따른 변압기 문제

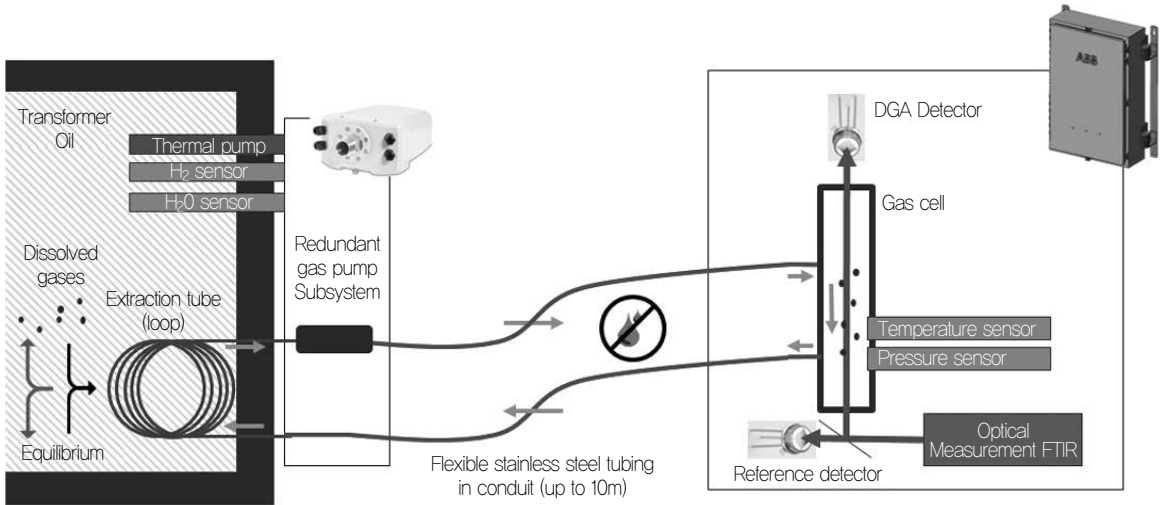


그림 6. CoreSense™ 8 구성도 - CoreSense™와 Gas cell을 장착한 FT-IR

Multi-gas Monitors - CoreSense™ 8

멀티 가스 센서는 최대 9개의 가스 성분을 실시간으로 분석하여, 변압기의 상태를 정확히 점검할 수 있다. 수소 1개의 가스 성분만을 분석하는 센서들은 변압기의 문제 이상 유무만을 파악했었는데 반해, 좌측 하단의 표 1에서처럼 멀티 가스 센서는 발생 가스에 따라 변압기의 다양한 문제의 원인을 유추할 수 있다.

ABB CoreSense™ 8은 수소와 수분만 분석하는 Core Sense™에 H₂, CO, CO₂, CH₄, C₂H₂, C₂H₄, C₂H₆의 7

개 가스 성분 분석이 가능한 FT-IR을 추가한 제품이다. ABB FT-IR은 인공위성 및 기상 등의 연구에 사용된 최고 성능의 제품임을 인정받았고, 특히 새로운 Doble Pivot Interferometer는 15년 내 어떠한 유지보수가 필요 없다는 장점이 있다. 또, 다른 가스 상호 간섭없이 분석이 가능하며, Gas Chromatograph(GC) 등을 이용한 다른 DGA 분석 장비와 비교하여 Carrier Gas나 Calibration gas가 필요하지 않다는 장점이 있다. ABB는 CoreSense™ 8을 내년도 출시를 목표로 막바지 작업 중이며, 2개 가스 성분을 추가한 CoreSense™ 10의 출시도 계획하고 있다.