

윤 활 기 술

절연유중 가스분석을 통한 변압기의 보수관리

(주)이수화학 기술영업팀 이광일차장

1. 변압기의 보수 관리

최근 전력의 안정공급을 위해 변압기의 신뢰성 향상에 세심한 주의를 기울이고 있지만, 만일의 사고를 생각해서 절연파괴가 일어나기 전에 변압기 내부의 조그마한 이상도 감지하여 대책을 수립하는 보수관리가 중요합니다.

절연유의 이상여부는 절연파괴전압, 수분, 전산가 등의 성상을 체크함으로써 알 수 있지만, 변압기 내부의 미약한 이상현상(국부과열, 부분방전, 아크방전 등)을 검출하는 데에는 불가능하므로, 최근에는 미량 용해되어 있는 가스를 검출하여 분석할 수 있는 유중 가스분석에 의한 이상 진단이 일반화되어 있습니다.

(1) 유입변압기의 이상진단 (일본의 예)

- 1960년 - 유중 용해가스 분석이 유입변압기의 보수관리 기술로서 실용화되기 시작
- 1970년 - 500KV급의 대용량 변압기가 운전 개시되고, 이에 따라 변압기의 상태를 연속 감시하기 위해 정밀자동분석장치 및 유중 연소성가스 총량(TCG:

Total Combustible Gas)으로부터 이상을 검출하는 온라인 TCG 장치를 개발

- 1980년 - 변압기의 감시장치로서, 음향법에 따른 부분방전 검출장치를 개발
- 1990년 - 가스센서를 사용한 온라인 TCG 장치의 유효성이 실증되어짐에 따라, 가연성 가스총량 외에 가스의 종류도 식별함으로써, 이상의 유무만이 아닌 이상의 종류까지도 진단할 수 있는 장치를 개발함

(2) 유입변압기의 수명진단

유입변압기의 수명은, 절연지의 기계적 강도에 의존하는 것으로 고려되어지고 있습니다. [변압기의 예측보전기술/미쯔비전기 기술회보 VOL. 66, NO. 12, 1992] 이에 따라 절연지의 기계적 강도와 상관관계가 있는 절연지 노화성분의 발생량을 구하여, 변압기의 수명을 추정하는 방법이 연구되어지고 있습니다.

1980년대에 들어와, 절연지 노화성분인 CO₂ 및 CO의 발생량을 중점적으로 연구를 개시한 결과, 절연지에 유종의 CO₂ 및 CO는 절연지에 흡착하는 현상이 있는 것으로 밝혀졌고, 이러한 현상을 고려하여 절연지로부터 CO₂ 및 CO 발생량을 구하는 방법이 연구되고 있습니다.

유입변압기에 사용되고 있는 재료의 경우, 금속재료는 시간에 따른 특성저하는 없습니다. 대형변압기의 절연유에 대해서는 격막식, 질소밀봉식 등으로 노화방지 장치에 따라 노화가 거의 일어나지 않습니다. 또한 노화된다고 하여도 쉽게 교체가 가능합니다. 그러나 절연지에 대해서 저항률, 유전정점, 파괴전압 등의 전기적 특성이 시간에 따른 저하가 없지만, 인장강도, 신축, 파괴강도 등의 기계적 특성은 시간이 지남에 따라 저하되며, 절연지는 쉽게 교체하기 어려우므로 절연지의 노화가 변압기의 수변의 척도가 되는 것입니다.

따라서 운전중인 변압기에 대해서는 절연유를 채취하여, 유종의 CO₂ 및 CO 발생량으로부터 변압기의 수명진단을 할 수 있으며, 이것은 CO₂ 및 CO 가스가 절연지로부터 생성되는 가스로 절연지의 중합도와 상관관계가 있습니다.

2. 분해가스의 조성

유입 변압기의 이상현상, 예를 들면 국부가열, 부분방전 혹은 아크방전은 대부분의 경우 발열을 수반합니다. 이 발열에 의한 높은 에너지를 받아서 절연유는 산화 또는 열분해하고 각종 가스를 생성하게 되는 것입니다. (절연지 열분해 포함)

이러한 생성 가스는 그때 작용한 열에너지의 종류에 따라서 그 조성이 패턴별로 분류되는데, 이러한 패턴에 따라서 변압기의 이상 유무 및 이상의 종류를 진단하고 보수관리를 실시하게 되는 것입니다.

따라서 가스 조성의 패턴은 절연유의 종류나 조성에는 무관하므로 변압기의 이상의 종류에만 의한 것이 바람직합니다. [알킬벤젠 혼합절연유/일본석유 리뷰 제23권 제2호 1981년 4월]

3. 변압기 내부사고로 가스가 발생하는 요인

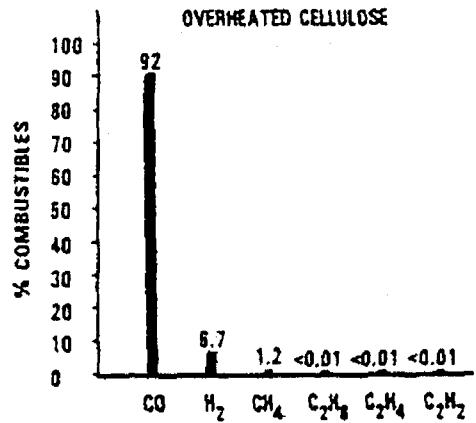
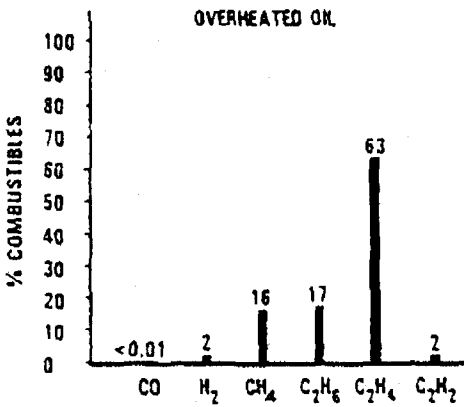
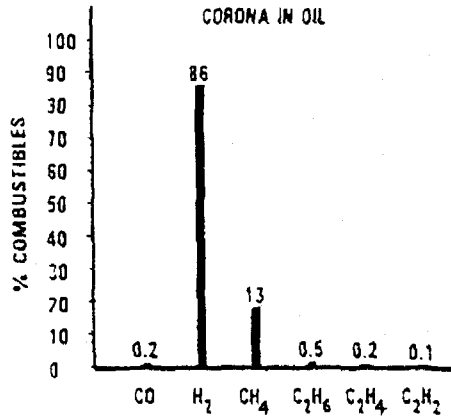
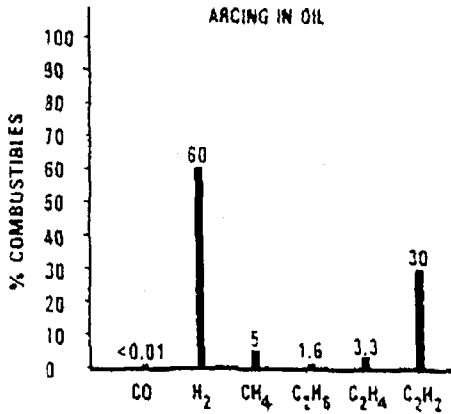
- 절연유의 과열
- 유종 아크 분해
- 고체 절연물의 파괴
- 고체 절연물의 아크 분해

4. 가스패턴의 특징과 내부사고와의 관계

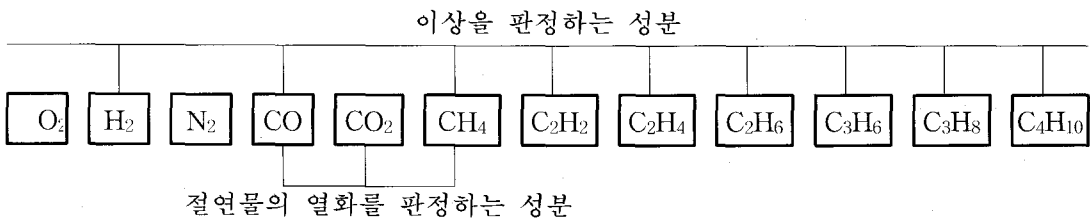
가스 종류	이상 현상	구체적인 사고 예
H ₂ 의 경우	<ul style="list-style-type: none"> · 아크 방전 · 코로나 방전 	<ul style="list-style-type: none"> · 권선의 단락 · 권선의 용단 · 탭절환기 점점의 아크 단락
CH ₄ & C ₂ H ₄ 의 경우	<ul style="list-style-type: none"> · 과열 · 접촉불량 · 누설전류에 의한 과열 	<ul style="list-style-type: none"> · 최임부의 이완 · 절환기 점점의 접촉불량 · 절연불량
C ₂ H ₂ 의 경우	<ul style="list-style-type: none"> · 아크 방전 	<ul style="list-style-type: none"> · H₂의 경우와 같음

유형별 가스 조성물의 패턴은 다음과 같습니다.

출처: Electrical Insulating Oils, Herbert G Erdman Edition (STP 998, ASTM)



5. 대상가스



6. 이상의 종류와 발생가스의 성분

이상의 종류 가스의 종류	절연유의 과열	고체절연물의 과열	유중 아크 분해	고체절연물의 아크 분해
수 소 (H ₂)	○	○	◆	◆
메 탄 (CH ₄)	◆	◆	○	○
에 탄 (C ₂ H ₆)	○	○		-
에틸렌 (C ₂ H ₄)	◆	◆	○	○
아세틸렌 (C ₂ H ₂)	-	-	◆	◆
프로필렌 (C ₃ H ₆)	◆	○	○	○
프로판 (C ₃ H ₈)	○	○	-	-
일산화탄소 (CO)	-	◆	-	◆
이산화탄소 (CO ₂)	-	◆	-	◆

주) ◆표는 이상에 대한 특징적인 발생가스를 표시

7. 판정기준

(1) 연소성 가스의 발생총량(TCG)에 의한 판정

변압기 정격		가스량 (ppm)					
		TCG	H ₂	CH ₄	C ₂ C ₆	C ₂ H ₄	CO
275KV 이하	10MVA 이하	1000(2000)	400(800)	200(400)	150(300)	300(600)	300(600)
	10MVA 초과	700(1400)	400(800)	150(300)	150(300)	200(400)	300(600)
500KV		400(800)	300(600)	100(200)	50(100)	100(200)	200(400)

주) TCG(Total Combustible Gas: 연소성 가스 총량)

* 괄호 밖은 요주의 레벨, 괄호 안은 이상레벨임

* 아세틸렌(C₂H₂)은 아크 방전등의 고온 열분해에 의하여 발생하는 특징적인 가스이기 때문에 미량이라도 검출된 경우에는 주의해야 합니다.

(2) 연소성 가스총량의 증가경향에 의한 판정

변압기 정격		TCG 증가율	
		요주의	이 상
275KV 이하	10MVA 이하	300ppm/년	100ppm/년
	10MVA 초과	250ppm/년	70ppm/년
500KV	-	150ppm/년	40ppm/년

8. 맺음말

상기와 같은 가스분석은 어디까지나 변압기를 보수관리 하는데 필요한 것이며 절연유의 성능과 직접적인 관계는 없으므로, 변압기의 내부이상의 유무 및 종류에만 의한 것이 바람직합니다.

관리기준에 대해서는 광유(1종 절연유), 혼

합유(7종 절연유), 알킬벤젠(2종, 절연유)을 각각 아크방전 또는 국부가열 시킨 경우의 발생가스량의 거동에 대하여 검토를 행한 결과 광유, 혼합유 알킬벤젠 모두가 발생가스의 패턴이 거의 유사하므로 변압기의 진단에 있어서 동일한 기준으로 관리되고 있습니다. [일본석유 리뷰 제23권, 제2호, 1981년 4월 83page]

