

# 변압기 고장 및 화재로 인한 손실예방 대책

글/황 현 수(한국화재보험협회)

## I. 머리말

전력용 변압기는 최초의 기기가 제작된 이후 현재에 이르기까지 약 100년간 교류배전과 함께 발달하여 왔다.

급속한 과학의 발달을 이룩한 오늘날에도 여전히 간단한 원리를 그대로 사용하며 이 이상 효율적이고 경제적인 전력변환기기는 생각할 수 없기 때문에 에너지 전송 형태가 현재의 방식을 유지하는 한 혁명적인 변혁은 기대할 수 없다. 따라서 앞으로도 계속 널리 사용될 것으로 확신한다.

그러나 변화가 별로 없는 것처럼 보이는 변압기의 역사도 그 설계, 제작기술, 재료 및 시험·보수기술 등은 계속 발전하여 한편에서는 오늘날의 초고압 대용량의 변압기를 탄생시켜 대용량 송전을 가능케 하고, 다른 한편에서는 소형이고 손실이 적은 중소형 변압기를 시장에 공급하여 에너지절약의 일익을 담당하고 있다.

변압기를 오늘날의 모습으로 발전시킨 발명과 노력은 한이 없었지만 그중 특기할 만한 것은 절연유의 사용과 규소강판의 발명일 것이다.

절연유의 사용으로 전식에서 출발한 변압기의 방열, 절연문제에 돌파구를 열었고 규소강판의 사용은 변압기를 안정화, 고효율화로 이끌었다. 반면에 절연

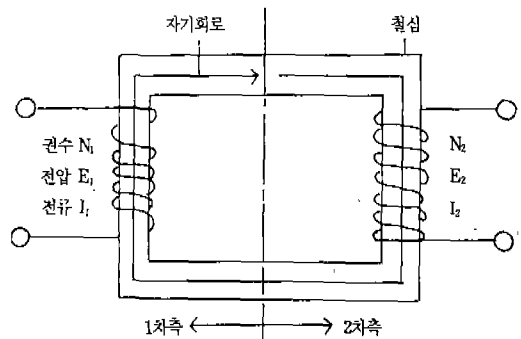
유의 사용으로 화재·환경, 절연유의 열화로 인한 고장 등 여러가지 문제점이 대두되었다.

### I-1. 변압기의 원리

변압기는 일반적으로 자기회로를 구성하는 철심과 이 철심을 감고 있는 두쌍 혹은 그 이상의 권선(코일)으로 구성된다.

권선의 한쪽에 교류전원을 접속하면 다른 권선에는 권수에 비례하는 교류전압이 얻어져 전원전압에 관계없이 임의의 전압을 얻을 수 있는 정지형 유도기이다<그림 1 참조>.

이 그림에서는 다음의 관계식이 성립한다.



<그림 1>

<표 1> 변압기의 구조상의 분류

분 류	종 류
상 수	단상, 3상 변압기, 단상 3상점용 변압기
내 부 구 조	내철형, 외철형 변압기
권 선 의 수	2권선, 3권선, 단권 변압기
절 연 의 종 류	A종, B종, H종 절연 변압기
냉 가 매 체	자냉식, 수냉식 변압기
냉 가 방 식	건식, 유입식
탭 전 환 방 식	부하시 탭전환변압기, 무부하시 탭전환 변압기
오일연화방지 방식	질소불입변압기, 무압밀봉식변압기

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{I_2}{I_1} = \frac{N_1}{N_2} = a \quad (a : \text{권수비})$$

변압기는 구조가 간단하고 효율이 좋으며 취급이 용이하므로 송·배전과 전력의 수요에 널리 사용되며 각종 기기에도 전압의 승·강압장치로서 사용된다.

I - 2. 변압기의 분류

1. 구조상의 분류

변압기의 구조상의 분류는 <표 1>과 같다.

2. 전압·용량상의 분류

변압기의 최고 정격전압에 따라 초고압변압기, 특고압변압기라 한다.

용량에 대해서는 대용량변압기, 중용량변압기로 부르지만 그 범위는 통일되어 있지 않다.

3. 용도상의 분류

변압기의 용도상 분류에 대해서는 <표 2>와 같다.

I - 3. 변압기의 수명

변압기는 운전중 온도, 습도 및 산소 때문에 절연물이 열화되고 그것이 진행되면 외뢰·내뢰 등의 이상 전압 혹은 외부단락시의 전자기계력 같은 전기적·기계적 스트레스를 받아 파괴될 위험이 늘어난다.

변압기가 운전을 시작한 후 이 위험도가 지극히

<표 2> 변압기의 용도상의 분류

종 류	용 도
전 력 용 변 압 기	발·변전소 또는 배전선에서 전압을 바꾸어 전력을 공급할 목적으로 사용된다. 배전용 변압기도 이 일부이다.
절 연 변 압 기	복수의 계동간을 절연할 목적으로 사용된다. 타이트렌스라고도 한다.
저 소 음 변 압 기	소음레벨을 낮게 제작한 변압기
이 동 용 변 압 기	긴급 대책용으로 차량에 적재하여 용이하게 이동시킬 수 있는 변압기로 간단한 변전설비를 시설한 것
접 지 변 압 기	전력계동에 중성점을 설치하여 직접 또는 직접 임피던스를 통해 접지할 목적으로 사용된다.
부 하 시 전 압 조 정 기	회로의 전압을 조정할 목적으로 사용하며, 직렬 변압기와 부하시 탭 전환장치를 결합한 장치이다.
전 기 로 용 변 압 기	전기로에 전력을 공급하는 변압기로서, 전기로의 종류에 따라 종류가 많다. 보통 2차측은 대전류이다.
정 류 기 용 변 압 기	정류기·SCR 등의 전원변압기로, 정류법에 따라 종류가 많다. 정류기와 일체된 것도 있다.
선 박 용 변 압 기	선박내의 배전에 사용하는 특수 변압기로서, 승인이 있어야 한다.
방 폭 형 변 압 기	병류에 준거하여 폭발·가연성 분위기에서 사용하는 변압기로, 공적기관의 승인이 있어야 한다.
기 동 용 변 압 기	대용량 전동기의 기동전류를 제한할 목적으로 사용하는 변압기이다.
차 량 용 변 압 기	교류 전기차량에서 급전전압을 전동기 회로전압으로 강압하는 변압기로, 경량으로 제작된다.
시 험 용 변 압 기	주로 고전압 또는 대전류 시험전원으로 사용되는 변압기이다.
정 전 류 변 압 기	직렬 정동방식 등의 전원에 사용되는 변압기로, 2차 회로와 각 등과의 사이는 포화변압기로 절연된다.
누 설 변 압 기	내연관 등의 방전관, 아크용접 등 저항 특성을 갖는 부하에 공급하는 전원에 사용한다.
리 액 터	변압기는 아니지만 뒤진 무효전력을 취할 목적으로 사용되며 직렬, 본로, 중성점 리액터 등이 있다.

높은 시점까지를 변압기의 수명이라고 하며 이 시점을 정확히 검지하기는 곤란하나 변압기 수명에 가장

큰 영향을 주는 절연물의 수명을 통하여 변압기 수명의 근사치를 알 수 있다.

절연물의 수명은 온도가 80°C~150°C의 범위에서 다음의 Montsinger식에 의해 구해진다.

$$Y = ae^{-b\theta}$$

Y : 절연물의 수명  
 a : 정수  
 b : 0.1155  
 θ : 절연물의 온도

이 식에 의하면 변압기의 수명은 절연물의 온도가 6°C 상승할 때마다 반감하게 된다는 것을 알 수 있다.

#### I - 4. 변압기로 인한 손실

변압기가 화재로 소손되는 경우, 변압기가 고장을 일으키는 경우, 변압기 설치장소 주위에 새로운 건물이 들어서거나 도로가 건설될 때 변압기를 철거해야 하는 경우 등에는 막대한 비용손실을 야기시킬 수 있으며 그 내용은 다음과 같다.

##### 1. 교체

변압기는 고가의 장비로서 그 자체의 교체에만도 많은 비용이 소요된다.

##### 2. 간접비용

변압기가 어떤 원인에 의해 작동이 정지되는 사고가 발생할 때 소요되는 비용은 교체비용의 최고 20배까지나 된다. 이 비용은 변압기의 설치, 운반비 및 운반경로가 확보되지 않은 경우에는 이의 건설비를 포함하며 변압기가 정상상태로 복구될 때까지의 작업정지 비용이 추가된다.

##### 3. 복구기간

대형 변압기에서는 수리기간이 최고 9개월까지도 소요되며 변압기를 들어내어 운반하고 분해·수리하여 원래 위치에 재설치 하는 것은 시간이 많이 소요되는 작업이고 운반에도 많은 장애가 있다.

##### 4. 정전소동

1989년 서울 노원구 W변전소 화재시 서울의 북부지역 130만 시민이 암흑 상태에서 불안에 떨어야 했으며 각 도로의 가로등 및 신호등이 꺼져 극심한

교통체증을 빚었고, 상수도 가압펌프가 작동하지 않아 단수가 되는 불편을 겪었으며, 일부 발전기가 설치되지 않았던 소규모 병·의원에서는 진료에 차질을 빚었다. 또한 고층아파트에서는 주민들이 엘리베이터에 갇히는 등의 소동을 벌였다.

또한 산업시설에서의 정전시 공정중의 반응물질이 응고될 경우 이를 제거하고 재가동 하는 데는 많은 시간과 비용 그리고 생산에 차질을 가져오기도 한다.

#### I - 5. 변압기의 중요도

변압기가 공장의 생산활동에서 차지하는 비중이 얼마나 되는가 하는 것은 변압기 자체의 교체나 수리비용 뿐만 아니라 변압기 고장이 다른 설비나 생산활동에 미치는 영향에 의해 결정되며 그에 알맞는 유지관리와 사고예방 대책이 수립된다.

변압기가 다음의 조건중 하나와 일치할 때 변압기는 생산활동에 커다란 영향을 미치고 중요하게 취급되어야 한다.

- (1) 변압기 교체에 2주 이상 소요될 때
- (2) 화재로 손상된 변압기 부속 장치의 교체에 2주 이상 소요될 때
- (3) 변압기 화재가 인접건물이나 구조물로 확대될 가능성이 있을 때
- (4) 변압기가 500gal(1,893 l) 이상의 팽유를 담고 있을 때
- (5) 변압기가 주변을 오염시킬 가능성이 있을 때 (PCB 절연변압기에서)
- (6) 변압기 화재가 주변 시설을 부식시킬 가능성이 있을 때
- (7) 변압기의 설치장소, 용도, 용량에 대한 검토 결과 사고발생 가능성이 높다고 판단 될 때 등

#### II. 유입 변압기의 화재예방

##### II - 1. 절연유의 종류

###### 1. 오일

절연유로 가장 널리 사용되는 것으로써 석유계 원

유를 증류한 적당한 유분을 정제 처리하여 만들어진 광유를 사용한다.

145°C의 인화점을 가진 광유는 절연유가 화재에 취약하다는 것을 나타내며 Sludge(침전물)를 발생하고 전기사고시 절연이 파괴된다.

### 2. PCB유(Polychlorinated Biphenyls)

PCB유는 염소와 페놀의 화합물로서 인체와 환경에 위험을 주는 물질로 그 사용이 점차 줄어들고 있다.

그 결과 PCB유를 사용하는 변압기도 급격히 줄어들고 있는 실정이나 아직도 일부에서 사용중이며 PCB유가 사용될 때까지는 철저한 통제를 하여야 한다.

### 3. 불연성유(Nonflammable Liquid Insulated : NFLI)

이것에는 여러 종류의 유체가 사용되고 있으며 그 사용도 점차 증가되고 있다. 불연성유는 고온에서 변압기 고장시 염화수소를 방출하고 수분과 결합하여 높은 부식성을 가진 염산의 형태가 된다.

불연성유는 여러 용도에 사용된다. 그러므로 불연성유의 화학적 성분이나 유독성에 대하여는 정밀하게 조사되어야 하며 모든 장단점과 사고 예방에 관한 사항은 사용전에 검토되어야 한다.

### 4. 준불연성유(Less Flammable Liquid Insulated : LFLI)

이것은 300°C의 인화점을 가지는 새로운 범주의 유체로서 두가지 형태로 분류되며 그것은 다음과 같다.

통상 실리콘이라고 불리우는 Polydimethyl Siloxane(PDMS)와 고분자 탄화수소(High Molecular Weight Hydrocarbons : HMWH)이다.

이들은 화재 위험을 가지고 있음에도 불구하고 PCB유 사용이 줄어들므로써 사용이 증가되고 있다.

PDMS와 HMWH는 많은 장단점이 있으며 연소성을 가지는 관계로 규정에서는 다른 연소성 액체와 동일하게 취급된다. 그러나 이들은 광유보다는 덜 가연성이다.

## II - 2. 유입변압기의 화재예방

### 1. 옥외 유입변압기의 설치기준

옥외 변압기는 비, 바람, 눈, 화재와 같은 외부적인 요인에 영향을 받으므로 가능한 한 이러한 요인들이 영향을 미치지 않는 장소에 설치해야 하나 그것은 항상 가능한 것이 아니므로 고정식 소화설비를 설치하는 것으로 대신한다. 또한 변압기 설치장소는 다음의 기준에 따라야 한다.

(1) 기초지반은 25~39mm 크기의 자갈 등으로 채워야 하며 그 깊이는 변압기로부터 누출된 기름을 담는 데 충분해야 한다.

(2) 변압기는 콘크리트나 주춧돌과 같은 견고한 바닥면 위에 설치해야 한다.

(3) 화재시 살수된 소화수와 연소하는 절연유를 안전한 장소로 배수시킬 수 있는 배수시설을 하여 변압기 주변 시설물을 손상시키지 않는 구조를 갖춘 장소에 설치해야 한다.

지형조건상 위의 조건을 만족시킬 수 없을 때에는 오버플로우 배수장치와 배관을 사용하여 소화수와 연소하는 절연유를 멀리 떨어진 안전한 장소로 배수시켜야 한다.

(4) 소방대원과 관리자가 쉽게 출입할 수 있는 장소이어야 하며 외부인의 출입을 막는 펜스를 설치해야 한다.

(5) 화재를 확산시키고 배수에 지장을 줄 수 있는 잡초, 잡동사니, 어름 등이 없는 장소이어야 한다 (옥내 변압기 설치기준은 화재예방 조례 제9조 참조).

### 2. 변압기의 화재예방 대책

다음 <표 3, 4>는 NEC(National Electrical Code)와 IRI(Industrial Risk Insurers)의 변압기 화재예방 대책에 대한 것을 나타낸 것이다.

### 3. 변압기 용지선정

(1) 변압기는 다음의 가능성과 만나지 않는 장소에 설치되어야 한다.

- 1) 눈이 많이 쌓이는 장소
- 2) 홍수시 범람, 흙의 침식, 물이 고이는 장소

3) 대기중의 먼지입자가 부식과 절연물에 누적되어 지락고장의 원인이 될 수 있는 장소

4) 수관, 가스관, 가압용기나 배관이 파열될 가능성이 있는 장소

(2) 변압기 용지선정은 다음과 같은 목표를 충족시키는 장소이어야 한다.

1) 변압기와 부속장치는, 장래 증설과 변화에 대비할 수 있는 장소이어야 한다.

2) 소화용 펌프나 열·연기의 환기용 동력은 특별히 신뢰성과 안정성이 확보되어야 한다.

3) 변압기는 점검 및 보수, 교체가 가능해야 한다.

4) 변압기와 부속 전기장치는 위험상태에 노출되어서는 안된다.

① 변압기는 연기에 의한 손상을 받을 수 있는 장소의 옥내에 설치해서는 안된다.

② 소화작업시의 안전확보를 위해 고전압선과

소화전용 배선은 다른 경로를 통해 배선되어야 한다.

③ 유입차단기(Oil Filled Circuit Breaker)는 천장이 있는 곳이 아니면 옥내에 설치해서는 안된다.

④ 6불화황가스차단기 (Sulfur Hexafluoride Gas Filled Circuit Breaker)는 부식될 수 있는 장소나 구조물이 있는 곳에 설치해서는 안된다.

5) 변압기는 이동하는 물체와 충돌할 가능성이 있으면 옮겨야 한다. 그렇지 않으면 보호막이나 경계선을 설치해야 한다. 또한 변압기는 주차장 등과 견고한 장벽에 의해 구획되어야 한다.

### Ⅲ. 변압기의 보호

#### Ⅲ-1. 낙뢰로 부터의 보호

전기설비나 그 근처에서의 낙뢰는 변압기의 설계

<표 3> 오일 절연 변압기의 화재예방

구 분	설 치 장 소	오일탱크 용량(gal)		
		500 이하	500 초과 5000 이하	5000 초과
옥 내	천장이 없는 경우	5	5	5
	천장이 있으며 개구부가 없는 경우	0	0	2
	동일한 천장내에 다른 변압기들이 있는 경우	2	2	2
	아크로나 정류형 변압기와 같은 특수용 또는 중요한 변압기	0	2	2
	동일한 천장내에 중요한 장비가 있는 경우	2	2	2
옥 외	옥상위에 노출된 경우	5	5	5
	노출되지 않은 경우	0	0	2
	아크로나 정류형 변압기와 같은 특수용 또는 중요한 변압기	0	0	2
	부속장치나 다른 변압기와 다음의 이격거리일 경우	0	1	3
	7.6~15m	0	3	3
3.1~7.6	0	3	3	
3.1 미만	0	5	5	

※ 0=추가적인 보호가 필요치 않음      3=물분무와 방화벽 설치  
 1=방화벽을 설치                              4=물분무 또는 CO<sub>2</sub> 설비를 각 변압기에 설치  
 2=물분무 소화설비 설치                    5=바람직하지 않은 설치임

※ SI단위에서 1gal=3.785 ℓ

※ 주의 : 이 표는 적절한 배수시설과 소방서 및 자체 방화관리 상태가 양호한 경우를 가정한 것이다.  
 하나의 변압기는 3상, 단상, 병렬운전되는 변압기를 의미한다.

<표 4> 준불연성유 절연 변압기의 화재예방

구 분	설 치 장 소	숫 자	
천장이 없는 옥내	설치장소 또는 구조물이 가연성인 건물내	3	
	가연성 물질이 적재된 주택내	6	
	가연성 물질의 적재된 양이 중간 이하인 생산지역내에서 가연물과 이격이 2.5m 미만인 경우	가연물과 이격이 2.5m 이상 4.6m 미만인 경우	4
		가연물과 이격이 4.6m 이상 9.2m 미만인 경우	3
		가연성 물질의 적재된 양이 대규모인 생산지역내에서 가연물과 이격이 9.2m 이하인 경우	6
	가연물과 이격이 9.2m 초과인 경우	3	
	설치장소와 구조물이 불연성인 경우에	9.2m 이내에 다른 변압기가 없는 경우	0
		9.2m 이내에 다른 준불연성유 절연 변압기가 있는 경우	1
		4.6m 이내에 다른 준불연성유 절연 변압기가 있는 경우	4
	절연유 용량이 500gal 이상인 경우		5
천장이 있는 옥내	다른 변압기나 장비가 없는 경우	0	
	절연유 용량이 500gal 이상인 경우	2	
	기타 모든 경우	2	
옥 외	창문, 가연구조 건물이나 창고, 중요 구조물로부터 9.2m 이내인 경우	6	
	노출된 보조장비나 부속장치들이 3m 이내에 설치된 경우	1	
	노출된 다른 준불연성유 절연 변압기와 7.6m 넘게 이격된 경우	2.5 초과 7.6m 이하	1
		2.5m 이하	6

※ 0=추가적인 보호가 필요치 않음      4=풍분무와 방화벽 또는 스프링클러와 방화벽 설치  
 1=물분무 또는 방화벽을 설치      5=물분무 또는 CO<sub>2</sub> 설비를 각 변압기에 설치  
 2=풍분무 또는 스프링클러설비 설치      6=적정하지 않은 설치  
 3=스프링클러설비 설치

용량을 초과하는 서지(이상전압)를 발생하여 설비를 손상시키거나 파괴시킨다.

서지를 막는 방법으로는 변압기의 1, 2차측에 피뢰기를 설치하는 것이다. 피뢰기는 변압기에 도달하여 서지의 크기를 줄인다.

피뢰기의 보호효과를 충분히 발휘시키기 위해서는 변압기에 가능한 한 가까이 설치하는 것이 이상적이다.

피뢰기를 변압기에서 뺄 수 있는 최대거리의 여러 가지 요인에 의해서 변화될 수 있으나 일반적으로 50m 이내로 할 것을 권장하고 있다.

변압기의 기준충격절연파괴강도(BIL, Basic Im-

pulse Insulation Level)는 뇌충격파의 크기에 따라 결정되며 절연은 뇌충격파에 견딜 수 있도록 설계되고 변압기 명판에 기록된다.

피뢰기의 제한전압이나 방전개시전압은 변압기의 기준충격절연파괴강도(BIL) 이하로 제한한다.

변압기 수명이 오래될수록 서지에 견디는 능력과 안전한게가 감소된다. 그러므로 피뢰기의 적절한 유지관리가 필요하다.

### Ⅲ -2. 변압기 보호장치

#### 1. 전기적 사고에 대한 보호장치

변압기에 예상되는 전기적 사고는 권선의 전부 또

는 부분단락, 권선의 지락 또는 1, 2차 권선의 혼촉, 단선 등이 있으며 그에 대한 보호장치는 <표 5>에 나타내었다.

2. 기계적 보호계전기

기계적 보호계전기는 내부이상으로 인한 약간의 압력상승과 충격유류로 동작하기 때문에 전기적 보호계전기로 검출이 곤란한 미소 증간 단락 등도 검출이 가능하다.

주요 기계적 보호계전기의 종류와 그 요점에 대하여 <표 6>에 나타내었다.

3. 온도계와 유면계

변압기를 운전하는 데 있어 온도는 중요하며 유입 변압기의 경우 변압기 본체의 상태는 오일을 통하여 외부로 전달된다. 온도계 및 유면계를 통하여 그 정 <표 5> 변압기 보호장치

보호 대상	보호 장치
내부 단락	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 비올차동계전기</li> <li>• 과전류 계전기 또는 전력 퓨즈</li> <li>• 붓츠홀쪼계전기</li> <li>• 충격 압력계전기</li> </ul>
지락(1차) 및 1, 2차 혼촉	• 지락과전류 계전기 또는 지락 방향계전기
지락(2차)	지락 과전압계전기
과부하 및 2차 외부단락	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 과전류 계전기</li> <li>• 2차 저압시에는 배선용 차단기 또는 퓨즈</li> </ul>

보를 파악해 두면 사용상태의 양부, 내부이상의 유무를 판정하는 데 도움이 된다.

온도계와 유면계는 통상 150KVA 이상의 변압기에 부착되며 그 종류는 다음과 같다.

- ① 막대형 온도계
- ② 다이얼형 온도계
- ③ 판형 유면계
- ④ 다이얼 유면계

IV. 유지관리

IV-1. 변압기의 점검

통계에 의하면 변압기의 중대 사고중 그 1/3이, 그리고 작은 트러블의 경우 그 2/3가 일상 순시 점검 때 발견된다고 한다.

다음 <표 7, 8>은 유입변압기에 대한 일상순시 점검 항목 및 정기점검 항목·기준 회수를 나타내었다.

IV-2. 절연유의 시험-유종 가스분석

유입변압기의 내부이상 현상으로는 국부과열과 부분방전 등이 있으며 이때에는 반드시 고온이 수반된다.

변압기 내부에 사용되는 절연물은 고온이 되면 열분해와 산화를 일으켜 각종 가스를 발생한다.

<표 6> 기계적 보호계전기

명 칭	보호 대상	검출 대상	설치부	특징
1) 붓츠홀쪼계전기	변압기본체	가스량(cc)	변압기외함과 콘서베이터간	경고장이 검출된다.
2) 피트계전기		오일유속(m/s)		
3) 가스검출계전기	변압기본체 전환개폐기실	가스량(cc)	"	경고장이 검출된다. (4), (5)와 병용한다.
4) 충격유압계전기	변압기본체	유압상승속도 [kg/cm <sup>2</sup> /s]	변압기외함측벽	미소사고를 검출할 수 있다. 동작속도가 빠르다.
5) 순시압력계전기	"	공기압상승속도 [kg/cm <sup>2</sup> /s]	변압기외함상부 기중부분	"
6) 유류계전기	전환개폐기실	오일유속 [m/s]	전환개폐기실과 콘서베이터간	보수가 용이

변압기에서 기름을 채취하여 기름속에 용해되어 있는 가스를 추출, 분석함으로써 변압기 내부의 이상 유무 및 그 내용을 진단하는 방법을 유증 가스분석이라 하며 이 방법은 변압기의 운전을 정지함이 없이 경미한 내부이상도 검출할 수 있는 유효한 수단이다.

1. 채유용기 및 채유방법

채유용기는 기름이 새거나 가스의 투과가 없고 튼튼하며 내부에 기포가 남기 어려운 형태와 재질로 표준품을 사용한다. 채유할 때는 가급적 시료유가 공기와 접촉하지 않도록 채유하고 채유용기의 내부에도 공기가 잔류하지 않도록 주의해서 채유한다.

2. 탈기 및 분석

시료유 속에 용해되어 있는 가스를 추출하는 방법

은 탈기 성능이 우수한 확산진공펌프(테트라펌프) 방식이 많이 사용되며 추출한 가스는 가스분석장치(가스크로마토 그래프)에 의해 각 가스 성분으로 분리, 정량한다.

대상가스는 H<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> 등 9종류로 대부분 분류하며 분석결과는 각 가스별로 ppm(Vol)으로 나타낸다.

3. 판정기준

유증 가스분석 결과의 판정기준은 각 성분 가스(혹은 가연성 가스의 합계) 절대량 및 가연성 가스 합계의 증가량에 대해 각각 설정하는 것을 원칙으로 한다. <표 9, 10, 11>에 판정기준을 나타내었다. 이들 기준에 비추어 주주의 또는 이상으로 판정되었을 때에는 계속 추적 조사를 실시해야 한다.

<표 7> 유입변압기의 일상순시점검

점검개소	점검항목	요 점	이상의 원인
변 압 기 본 체	유 온	일정 장소에서 측정된 주위온도와 부하량 및 온도계의 지시를 기록하여 과거의 데이터와 비교한다.	변압기 내부 이상 냉각기의 능력저하 온도계 지시불량
	유 면	기름 온도와 유면의 관계를 유면계에 의해 점검하고 기록한다.	누유·빗물 침입 유면계 지시불량
	이상음, 진동	평소와 다른 소리, 단속음, 진동 등에 주의하고, 그 발생부위를 추정한다.	과여자·정류기 부하내부 또는 외부조임의 풀림·유증방전
	누 유	판단하기 어려울 때는 잘 닦은 후 분필가루를 발라 두면 알기 쉽다.	패킹의 열화, 풀림, 용접부의 핀홀
냉각장치	냉각팬 송유 펌프 유량계·밸브 방열기	이상음, 이상진동, 누유의 유무, 회전 상황, 유량계 등의 지시, 먼지의 부착 등을 점검한다.	베어링의 마모, 조임의 풀림, 배선의 열화
호흡기	호흡상황의 점검	변색, 기포의 발생상황, 외관의 이상을 점검한다.	흡착제(실리카겔)의 열화, 눈막힘
부싱단자	누 유	애자의 변색과 플랜지 부근의 누유에 주의한다.	패킹의 열화, 풀림
	과 균 열 손	미리 단자에 시온 테이프를 붙여두고 점검한다. 먼지, 염분의 부착, 코로나 소리에도 주의한다.	조임의 풀림 과부하 외부원인의 파손 내부원인의 파손
방압장치	누 방 압 판 의 균 열	방압판의 균열, 방압 밸브의 헐거워짐으로 인한 누유를 점검한다.	방압판의 열화 패킹의 열화
방음벽	내 부 의 이 상	3개월에 1회 정도, 방음 매트와 벽 내부의 습기로 인한 발청, 결로 등을 체크한다.	



<표 8> 유입변압기의 정기점검

점검부분	점검항목	빈도	비고
권선	절연저항측정	1회/년	부싱을 청소한 후 외부 리드선을 떼고 측정
	유전정접측정		절연저항과 동시에 측정
절연유	시료채취(본체·탭 전환 기실)	1회/년	채유법 등은 IV-2항 참고하고 시험 전문업자에게 위임하는 것이 편리하다. 결과에 따라 여과, 교체계획 수립
부하시랩전환장치	제작자의 취급설명서에 따른다. 또는 제작자와 상의		
환선정유기	-	1회/년	압력계 압력 SW 안전밸브의 점검
콘서베이터	외관 점검	1회/5년	누유, 도장상태, 유면계 흡수흡기 등 점검
부싱	외관 점검	1회/년	특고압콘텐서부싱은 절연저항 및 tan δ 측정
냉각장치	외관 점검	1회/1년	냉각팬, 전동기의 축 등은 10년 간격으로 교체 그리스를 교환
온도계	외관 점검	1회/년	녹, 물의 침입 지침의 원활한 동작 점검동작확인
유면계	정상 확인	1회/년	다이얼유면계가 저하된 경우 제작자에 연락하여 조치
방압장치	방압 판	1회/년	균열누유시 보수한다.
외함	외관 점검	1회/년	누유, 발정, 도장박리, 손상의 점검 보수, 조임부의 풀림 점검, 덧조임, 먼지제거
보호계전기	점검 확인	1회/년	출력접점을 단락하여 경보차단동작 확인
	제어 회로 점검	1회/년	500V 메가로 2MΩ 이상을 확인
변압기 내부본체	권선의 변형, 절연물의 균열, 탈락, 철심의 발청, 조임의 풀림, 방전흔적		내부이상으로 판정되었을 때 또는 제작후 10년 이상 된 것은 이설기회를 이용하여 실시한다. 내부이상인 때를 제외하고는 밀봉형 절소봉입형 활성 알루미늄 등 절연유 연화 방지장치가 있는 변압기의 정기적인 내부점검은 원칙적으로 필요하지 않다.

<표 9> 요 주의 레벨의 절대값 (ppm)

변압기 정격	가연성 가스의 합계	H <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	CO	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>
		500KV 미만	1000	400	200	150	300
500KV 이상	700	400	150	150	200	300	검출
	400	300	100	50	100	100	검출

<표 10> 요 주의 레벨의 증가량 (ppm/년)

변압기 정격	가연성가스의 합계
500KV 미만	10MVA 이하 10MVA 초과
	350 250
500kV 이상	150

<표 11> 이상 레벨의 증가량 (ppm/월)

변압기 정격	가연성가스의 합계
500KV 미만	10MVA 이하 10MVA 초과
	100 70
500KV 이상	40

4. 진단

유중 가스분석 결과로부터 내부이상 상태를 진단하는 수단은 몇가지 종류가 있으나 공통적으로 다음과 같은 점에 착안하고 있다.

- (1) 나금속 부분의 과열은 오일의 분해로 H<sub>2</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>, C<sub>3</sub>H<sub>8</sub> 및 C<sub>3</sub>H<sub>6</sub> 등이 많이 발생한다.
- (2) 부분적인 아크가 있으면 고온으로 인한 오일의 분해로 H<sub>2</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> 등이 많이 발생한다.
- (3) 과열로 인한 유기 고체 재료의 열분해에서는 CO, CO<sub>2</sub>가 많이 발생한다. 특히 아크 방전의 존재를 나타내는 C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>의 검출은 미량일지라도 중시할 필요가 있으며, 부하시 랩전환 변압기에서는 전환 개폐 기실의 누유, 전위 전환기의 미소 충전전류 개폐 등으로 본체 오일에서 C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>가 검출되는 수도 있다.

<표 12> 변압기 사고시 동작하는 계전기와 예상되는 사고

동작하는 계전기	사고가 일어나기 쉬운 상황	가능성이 높은 사고의 종류	응급처치
저의 모든 계전기 비율차동 계전기 과전류 계전기 1차 퓨즈 충격 압력 계전기 갓츠폰즈계전기(유류) 본체 방압밸브→유면저하 수전차단기 트립	낙뢰시 돌발적	권선·내부배선 무전압 탭 전환기 탭 선택기 전위 전환기 절연과괴	재투입 불가 변압기 격리
	부하측 단락 순시 단락성 부하 투입시	권선·내부배선 변왜	
갓츠폰즈 계전기(가스)	서서히 진전	절실 출간 절연분량 (코어쇼트) 접지불량 전침 조임홀트 절연분량 절집 지지특 탱크·실드관 국부과열 단자·매선 접속부 무전압 탭 전환기 탭 선택기 전위 전환기 접촉불량 과연	예비 변압기로 전환준비 유증가스분석에 의한 사고 종류추정 시간당 가스 발생량의 체크
	정보		
비율차동 계전기 과전류 계전기 LR측 방압밸브→유면저하 LR측 유류 계전기 (LR접체) 수전차단기 트립	부하시 탭 전환장치 전환동작시	전환개폐기 전환실패 접체	재투입 불가 변압기 격리
	정보		
LR접체	-	부하시 탭 전환장치 또는 제어회로 기 계적 장애	LR을 수동으로 정류 위치로 복귀하고 그대 로 운전을 계속하면서 원인은 조사한다.
	정보		
LR가스 검출계전기	-	전환 개폐기 이상진환 또는 정상전환 가스 축적	LR도수계의 지시와 가스량에서 전환 1회당 의 가스량 산출, 정상이면 운전속행
	정보		

[주] 단독으로 계전기가 동작했을 때는 제어회로의 오동작일 가능성도 있으므로 조사가 필요하다.

또 H<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub> 등은 정상 운전에서도 절연물의 열열화로 인하여 발생되기 때문에 변압기의 운전이력, 과부하의 유무 등을 종합하여 판정한다.

변압기를 신설하는 경우 1~3개월 후에 유증가스 분석을 실시하여 패턴을 확보해 두면 편리하다.

### IV-3. 변압기 사고시의 응급처치

대용량 변압기의 사고시의 응급처치는 사고로 인한 손실을 최소화하는 데 많은 도움이 된다.

돌발적인 사고가 발생했을 때 즉시 사고의 종류를 파악하고 변압기를 재투입할 것인가 분리할 것인가를 판단해야 한다.

다음 <표 12>은 변압기 사고시의 상황 및 보호 계전기의 동작 그리고 응급처치에 대한 것을 나타내었다.

### V. 결론

이 글에서는 변압기 사고의 많은 원인중 단지 몇몇만을 기술하였다.

변압기 사고의 또 다른 원인들로서는 비행물체의 추락, 인접 건물의 화재가 확산되는 경우, 비, 눈, 안개, 우박, 염해, 범람, 폭풍, 지진 그리고 동물에 의한 사고, 종업원의 고의적인 과파행위 등과 같은 것들이 있으나 이들은 유지관리의 소홀이나 잘못된 운전, 과부하와 같은 것들 이전에 다뤄져야 할 문제이다.

변압기 사고는 막대한 비용손실을 야기시킨다. 그리고 사고를 100% 방지하는 것 또한 불가능한 일이다.

그러나 적절한 운전과 유지관리, 화재예방 활동을 통하여 손실의 규모를 최소화하도록 노력해야 할 것이다.