

# 변압기의 내외부 점검 및 예방판정 (III)

글/한국전력공사 정비기획실 부처장 전 민 호

[차 례]

## I. 변압기 내외부 점검

1. 점검보수의 종류 및 내용
2. 점검상의 판정기준

## II. 변압기의 사고와 그 원인

1. 자기회로에서의 고장
2. 전기회로에서의 고장
3. 절연회로에서의 고장
4. 기 타

## III. 변압기 예방진단 기술

1. 유중 용해가스 분석에 의한 변압기 이상상태 판정
  - 가. 감지 가능한 내용
  - 나. 변압기 유지 절연재료의 발생 가스

## 다. 유기 절연재료의 종류

- 라. 기열 시험에 의한 발생 가스
- 마. 유중 가스 분석 및 판정기준
- 바. 이상 변압기의 내부점검 우선 순위
- 사. 이상 판정의 방법
- 아. 이상 진단의 방법
- 자. 종합 진단

## 2. 최근의 이상상태 진단기술

- 가. On-Line 유중 가스 분석
- 나. 분석장치
  - 다. 유입변압기의 휴대용 절연열화 검출기
  - 라. 유입변압기의 잔존수명 예측
  - 마. 유입변압기의 내부이상검출 연구동향

### Ⅲ. 변압기 예방진단 기술

#### 2. 최근의 이상상태 진단기술

##### 가. On-Line 유중 가스분석(Portable Gas 분석)

전술한 유중 가스분석법은 유(油)에 함유된 가스와 가스체적의 감시에 의한 방법으로서 어느 기간 동안의 누적량에 의한 것이므로 급속히 진행되어 가는 이상은 조기에 발견할 수 없다.

이 난점을 해결하기 위해 개발된 것으로 소형·경량이며 어디에서나 사용 가능하다.

##### 나. 분석장치

###### 1) 3종류 가스분석 장치

배유변 단면에 설치된 특수 가스 투과막을 통과해 가스실로 모인 가스를 배관을 통해 센서부로 유도하여 가스농도에 대응되는 출력신호를 얻으며 통상 1~3 성분 가스( $H_2$ ,  $CH_4$ ,  $CO$ )만 검출 가능하다(그림 1).

검출신호는 전산 판단부에서 미리 입력된 프로그램에 의해 각 가스의 농도, 성분조성비, 국부과열, 추정온도 등이 해석되며 필요시 프린터 출력시키고 정보 취명토록 할 수 있다(그림 2).

###### 2) 6종류 가스분석 장치

배유변을 통해 채취한 50ml의 오일중에서 가스 추출기에서 가스를 추출하여 고감도 열선형 반도체 식 센서를 통해 6성분 가스( $H_2$ ,  $CO$ ,  $CH_4$ ,  $C_2H_2$ ,  $C_2H_4$ ,  $C_2H_6$ )를 분석해 낼 수 있다(그림 3).

##### 다. 유입 변압기의 휴대용 절연열화 검출기

변압기 내부에서 발생하는 이상현상을 방전펄스 검출센서와 초음파 센서를 그림 4와 같이 설치하여 부분방전, 과열, 이상진동 등 내부이상 조짐과 그 위치를 조기에 검출할 수 있는 장치이다.

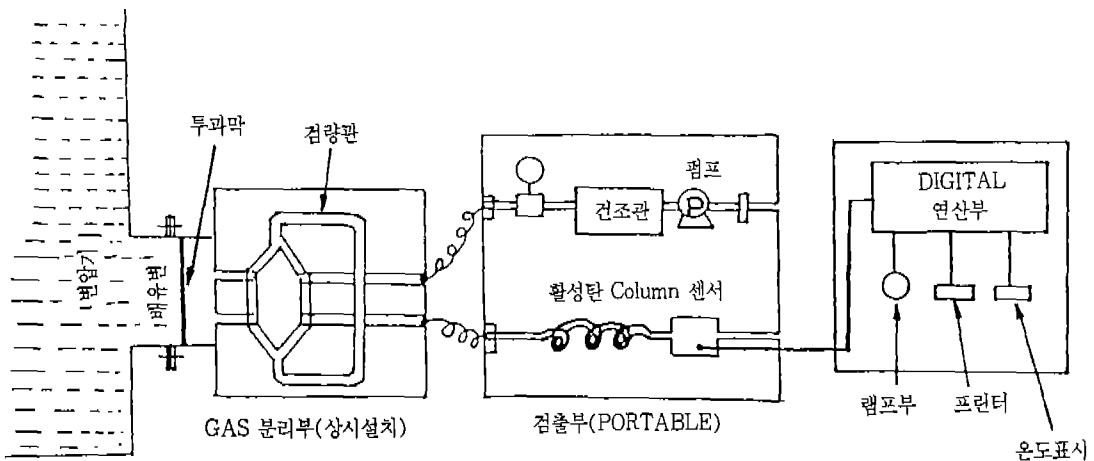
###### 1) 검출기의 구성

###### 가) 검출부

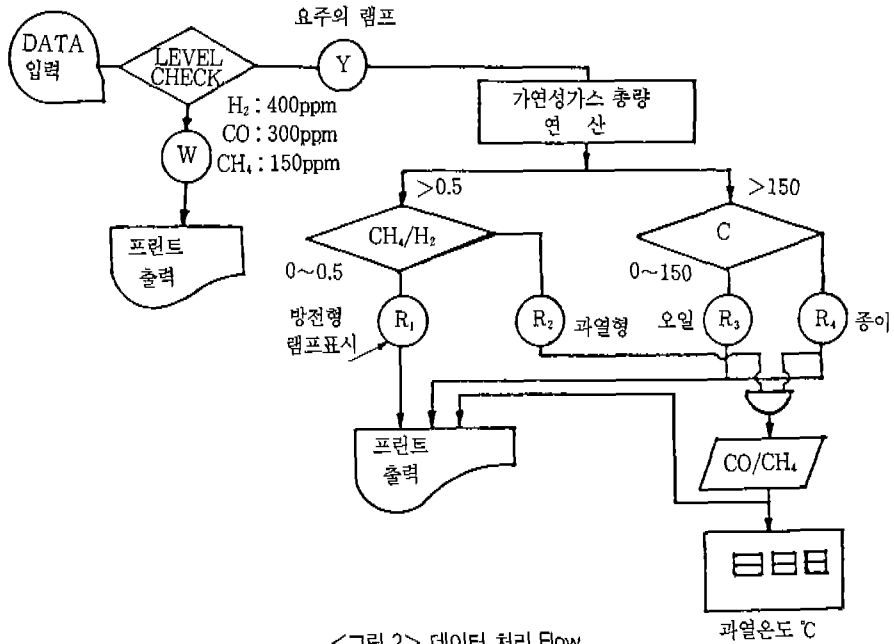
(1) 전기적 검출: 유입 변압기의 접지선에 설치된 2대의 방전펄스 검출 센서(고감도 웨라이트 변류기)로 검출한다.

(2) 음향적 검출: 유입 변압기의 외벽에 설치된 여러개의 초음파 센서(초음파 마이크)로 검출한 뒤 양자를 증폭하여 판정부로 전송한다.

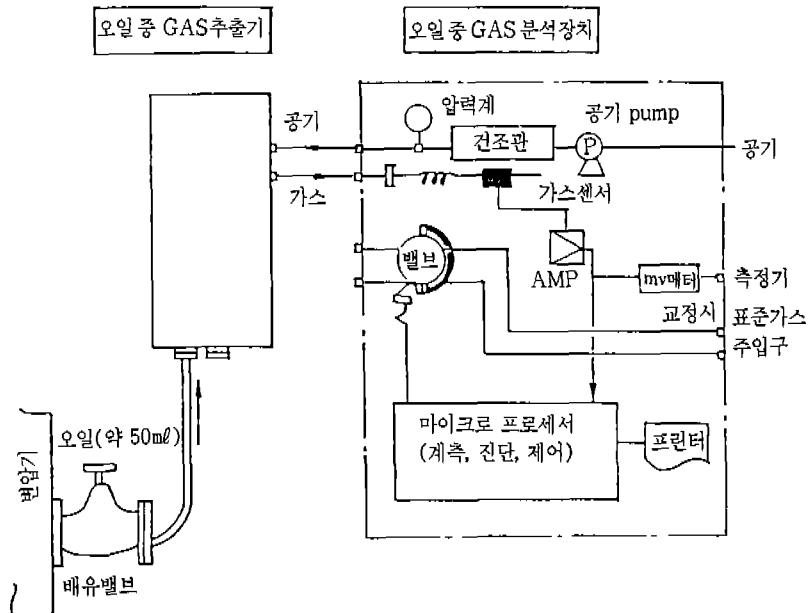
나) 판정부: 전송된 방전펄스 검출신호에 포함된 노이즈 제거를 위해 타 변압기 탱크 접지선으로부터 신호(위상 조정기부)를 차동 앰프로 통과시킴으로써



<그림 1> 유중 가스분석 장치 개요도



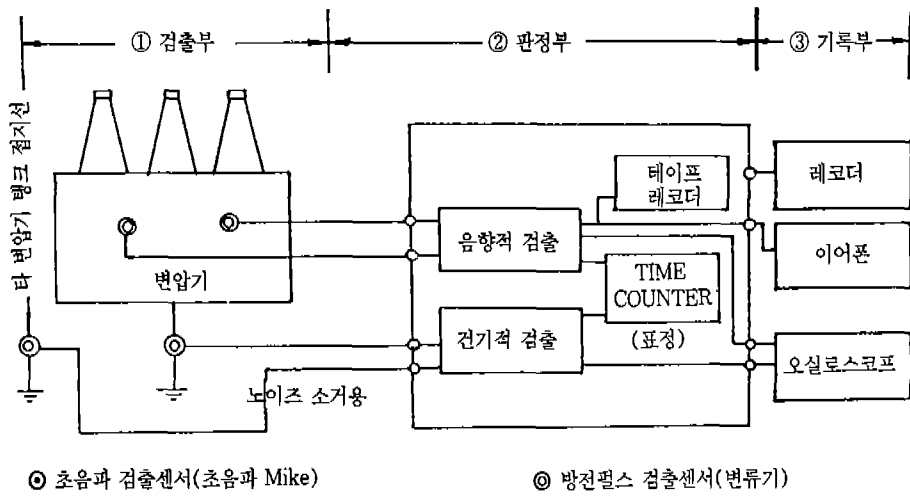
<그림 2> 데이터 처리 Flow



<그림 3> 6성분 유증가스 분석에 의한 이상 진단기술

노이즈를 제거하여 검출감도를 높이고 이들 양 신호 사이의 시간차를 카운터로 표시하며 이상위치를 판별한다.

다) 기록부: 양 신호를 오실로스코프로 파형기록 (Digital Memory) 한다.



◎ 초음파 검출센서(초음파 Mike)

◎ 방전필스 검출센서(변류기)

<그림 4> 검출기의 구성

2) 이상위치의 표정(標定)

가) 부분방전 현상

음향신호는 유증을 통과하여 오히려 전기적 신호보다 늦다. 이 시간차에 음의 유증 전달속도 V (1.4m/ms)를 곱해  $L = V \cdot t$ 로 이상위치를 추정한다(그림 5).

나) 과열현상

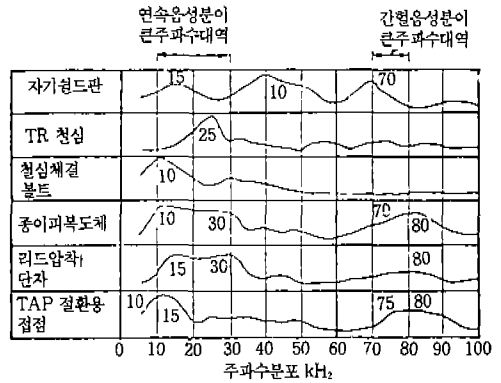
탱크내부 자기철드판, 철심, 철심점 볼트, 절연지 피복도체, 리드 압착단자 및 Tap 전환용 접점 등에서 과열현상을 탱크 외벽에 부착시킨 수개의 음향적 검출신호로 위치를 표정한다(그림 6, 그림 7).

$$L' = \frac{1}{2} ( \frac{I_0^2}{V \cdot t'} - V \cdot t' )$$

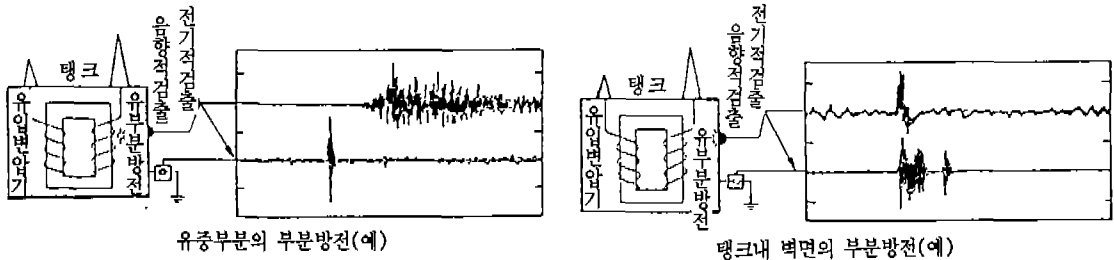
$I_0$  : 마이크간 거리

V : 유증음파 전달속도(1.4m/ms)

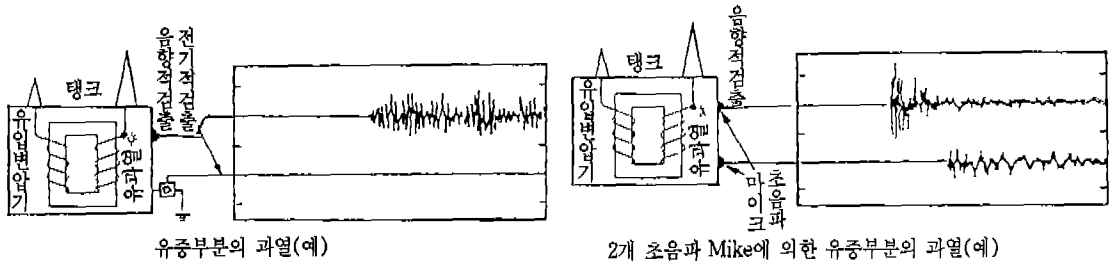
L' : 이상개소까지의 거리



<그림 6> 각종 과열 모델의 주파수 분포



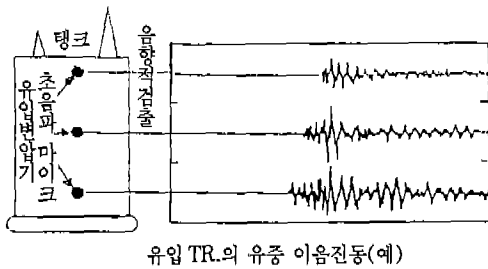
<그림 5> 부분방전 예



<그림 7> 과열현상(예)

다) 이상 진동 현상

이상 진동 현상과 과열현상과의 구별은 유층 가스분석에 의한다(그림 8).



유입 TR의 유층 이음진동(예)

<그림 8> 이상진동(예)

라. 변압기의 잔존수명 예측(그림 9, 그림 10)

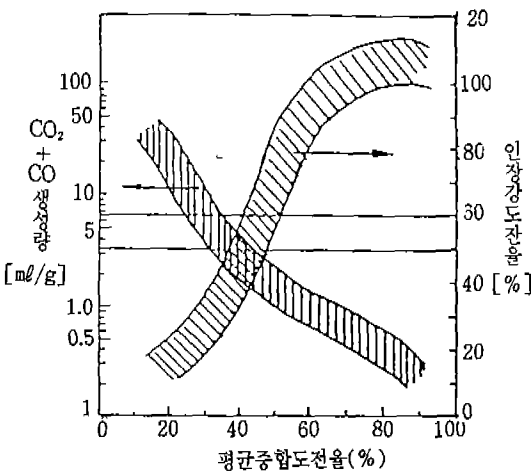
1) 수명 예측 요소

가) 절연유 : 25~35년 운전시 1% 정도의 절연 내력이 저하하며 나쁘면 절연유를 교환하면 되므로 열화의 척도는 못된다.

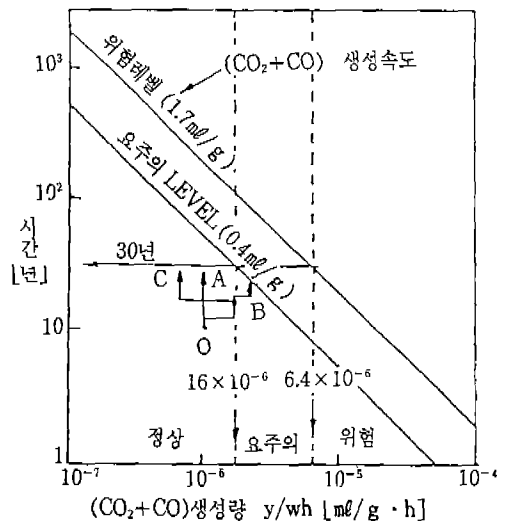
나) 절연지의 유침 내전압 : 25~30년 사용 후 10~20% 정도 저하하나 실용상 문제없다.

다) 절연지의 인장강도 : 30년 사용 후 초기치의 30~70%까지 저하하며 50% 정도 저하하면 Surge 침입 또는 전자기력 작용시 절연지의 파손을 일으킨다. 따라서 초기치의 60%로 되었을 때를 수명한계로 본다.

라) 그외 동, 철심, 철구조물 등은 유층에서 변



<그림 9> 절연지를 유층 가열 열화시킬 때 평균 중합도 진동에 대한 인장강도 잔율과 (CO<sub>2</sub>+CO)량과의 관계



<그림 10> 절연지의 경년열화 시간과 (CO<sub>2</sub>+CO) 생성속도와의 관계

화없다.

2) 열화 생성물의 측정

변압기를 장기간 사용하여 열화되면 유중에 Furfural, CO<sub>2</sub>, CO가 생성된다.

\* Furfural : 비점 162℃, 순도 높으며 무색, 대기와 접촉시 황색 맛이 나며 산화 진행되면 다갈색으로 변하는 액체이다.

3) 수명예측

가) 운전중 절연지를 채취하는 것이 불가능하므로 인장강도와 (CO<sub>2</sub>+CO)량과의 일정관계로부터

잔존수명을 예측한다.

나) 일정 조건에서 시험시 절연지의 인장강도 잔율이 60%일 때 (CO<sub>2</sub>+CO)량은 1~4ml/g이나 실제로는 시험조건과 다르므로 0.42~1.7ml/g로 측정되고 있다.

마. 유입 변압기의 내부이상 검출

현재 실용화되었거나 연구되고 있는 유입 변압기에 대한 내부이상검출 연구동향을 열거하면 표 1과 같다.

<표 1> 유입 변압기의 내부이상검출 연구동향

검출 방법	검출 원리	검출 가능한 이상내용
가스 분석	-특정 가스 성분의 발생유무 검출 -가스마트 그래프에 의한 화학분석 -가스 감응형 반도체 소자로 검출	국부과열에 의한 절연유, 절연지, PB 등의 열분해 가스 발생, 부분방전 · 아크방전에 의한 질연유 분해가스 발생
전기적 방법	부분방전에 수반된 전류 pulse를 부분방전 측정기로 검출	도체접촉 불량, 고압도체 지지절연체의 절연 불량, 권선절연 불량에 의한 부분방전 발생
음향적 검출	진동음, 초음파 등을 압전소자로 검출	-부분방전에 수반된 초음파 발생 -단락에 의한 권선변형에 의한 자기왜곡 진동증가, 이상 공진음의 발생
기계적 검출	압력변화를 변형 Gauge로 검출	국부적 단락에 의한 변압기 내부압력의 급격한 증가, Arc 방전지속에 의한 압력의 급격한 증가
광학적 검출	빛, 적외선, 자외선을 받아들이는 검출소자로 검출	-국부과열에 의한 적외선의 발생 -부분방전에 의한 발광 -Arc 방전에 의한 발광

**알아두면 편리한 민원정보**

**△옛 번호 작신 통화제도**

살던 곳의 관할 전화국 민원실(각 국번-0000번)에 전화로 신고하면 한달간 자동으로 전화번호 변경 안내를 해준다.

비용은 1,000원이며 다음 달 전화요금에 합산돼서 나온다.

**△우편물 배달 이전신고**

새로 이사한 집에서 전 주소로 배달되는 우편물을 받을 수 있는 제도.

이사 직전 관할 우체국 배달계나 민원실에 직접 '주소이전 신고'를 하거나, 우체국에 비치되어 있는 '주소이전 신고엽서'에 새로 이사할 주소지를 써서 우체통에 넣으면 된다. 새 주소지가 지방이라도 추가요금은 없다.