

절연유열화센서를 이용한

변압기 ON - LINE 진단(下)



글/강창원

(주)서울유일엔지니어링 대표이사/기술사

전압을 센서 양단에 인가한 후 누설전류를 nA단위로 측정하고 현재온도 상태를 측정하여 이 신호를 진단장치에서 A/D변환, 증폭, 제어하여 컴퓨터로 전송함으로써 파형감시, 데이터저장, 분석, 진단결과 분석기록표 출력 등이 가능하며 이 데이터를 이용하여 절연유의 열화정도를 예측하거나 판정할 수 있다.

- 변압기에 절연유열화센서 설치
- 진단장치에서 절연파괴의 원인이 되는 절연유의 도전성을 진단하기 위하여 센서에 흐르는 전류를 검출하여 컴퓨터로 전송
- 사무실에서 진단결과 및 열화추이 분석
- 절연유의 열화가 진행됨에 따라 도전성 파티클(Particle)이 증가
- 센서 양단에 DC고전압을 인가하여 도전성 파티클의 함유량에 따라 변화되는 전류를 검출하여 판정

II. 절연유열화 ON - LINE 진단 시스템 (TOID System)

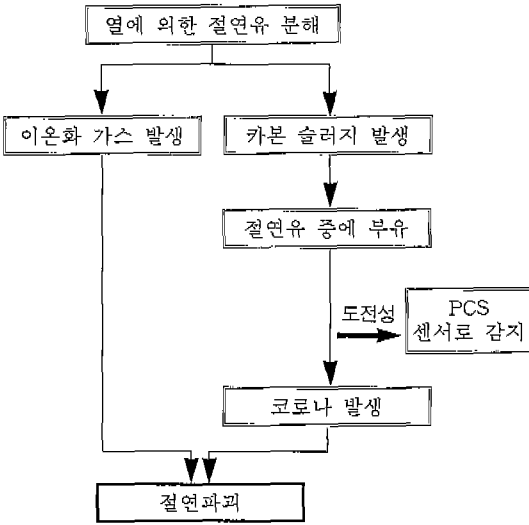
1 TOID SYSTEM의 개요 및 구성

본 시스템은 전기사용(ON - LINE)상태에서 컴퓨터를 통하여 변압기를 상시 감시할 수 있는 진단방법으로 절연유열화센서(PCS : Porous Ceramic Sensor)를 이용한 열화측정용 진단시스템으로서 절연유속에 절연유열화센서를 설치하고 DC2kV

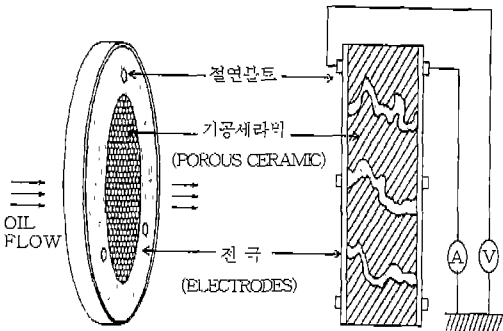
(1) 절연유열화 진행과정

절연유의 주성분인 탄화수소는 일반적으로 산화가 잘되지 않으나 온도, 수분, 산소 등의 영향을 받아 열화 되어 절연내력 및 냉각능력이 저하하게 되어 변압기가 소손하게 된다.

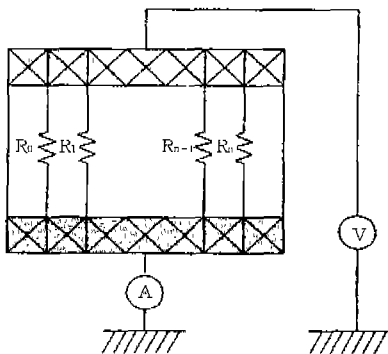
절연유는 화학반응 과정에서 유용성열화생성물(Solute impurity particle)과 유불용성생성물(Nosolute impurity particle)로 구분되며 유불용성으로 알칸(Alkane), 알켄(Alkene)류, CO, CO₂, H₂ 등의 가스성분과 최종 분해 생성물인 카본(Carbon) 등의 슬러지가 생성되어 산가증가, tan δ 증가, 절연내력의 저하를 가져온다 <그림 1>.



<그림 1>



<그림 2> PCS구조



<그림 3> 등가회로

2 절연유열화센서(PCS)의 구조 및 원리

(1) 절연유열화센서의 구조 <그림 2>

(2) 절연유열화센서의 전기적 회로 <그림 3>

- 절연유의 열화가 진행됨에 따라 도전성 파티클(Particle)이 증가
- 센서양단에 DC고전압을 가하여 도전성 파티클의 함유량에 따라 변화되는 전류를 검출하여 판정

양 호 $nA = \frac{V}{R_0}$: 60nA이하

요주의 $nA = V \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$: 60~120nA

불 량 $nA = V \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_N} \right)$: 120nA이상
(※60°C 기준에 의한 판정)

(3) PCS의 원리

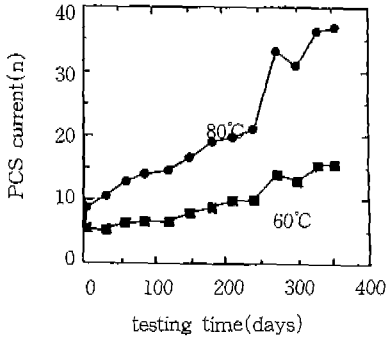
열화센서의 두 전극에 DC전원을 인가시켜 절연 유속에 설치된 센서의 누설전류를 측정함으로써 절연유 열화정도를 알아낼 수 있는 것으로 전력용 기기에 사용되는 절연유는 과열, 공기나 수분 침투로 인하여 열화되면 절연유속에 많은 도전성 미소 입자들이 발생된다. 본 절연유열화센서는 열화 생성된 유불용성분(Free Carbon 및 Impurity Particle)인 열화 생성물에 대한 센서의 전기적 특성을 이용하여 절연유의 열화 특정 물질을 감지할 수 있는 기공세라믹을 이용한 센서이다.

이 절연유열화센서는 이러한 주위의 도전성 불순물을 흡착시킴으로써 도전성 회로를 구성시킨다. 이러한 현상을 전기적인 변화 형태로 간주하여 열화센서의 누설전류를 측정하게 된다<그림 4>.

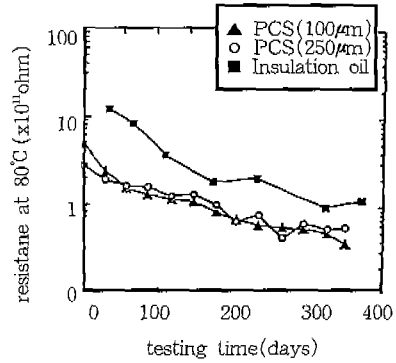
(4) 기존의 진단방법과 상관관계 <그림 5>

3 진단장치 구성 및 외관

▶ 열화가 진행됨에 따라 누설전류의 증가 추이

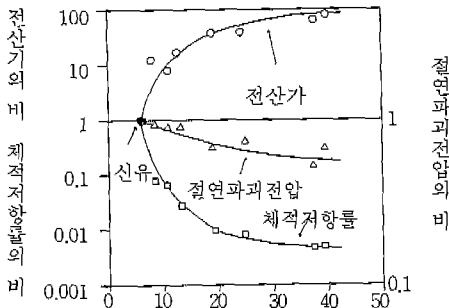


▶ 열화가 진행됨에 따라 절연유의 절연저항 감소
→ 전류 증가



[센서의 누설전류 증가추이] * 한국전기연구소 연구 결과 [절연유 저항과 센서저항 비교] * 일본전력중앙연구소 연구 결과

<그림 4>



PCS전류 (nA) (PCS전류와 절연유의 체적저항률, 절연과괴전압, 전산가의 초기치에 대응하는 변화율과의 관계)

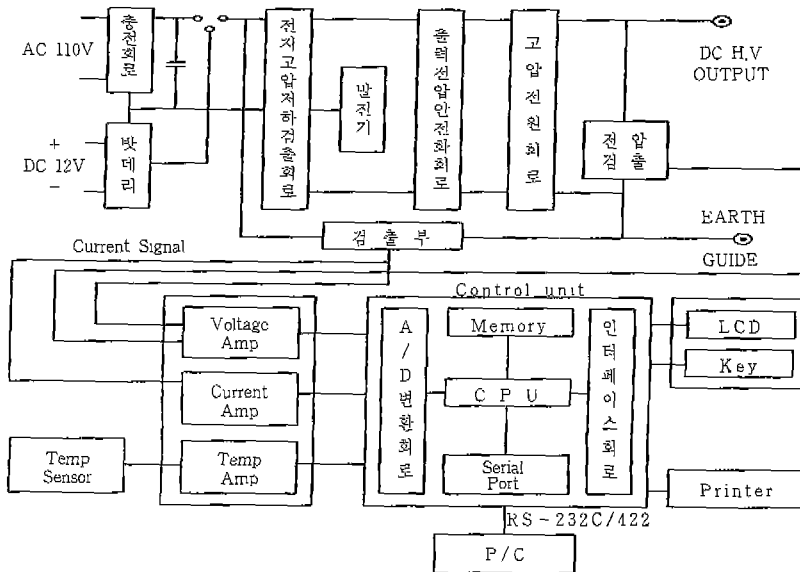
<그림 5>

(1) 진단장치 구성 <그림 6>

(2) System Block Diagram <그림 7>

① Host Computer부

Pentium 급으로서 감시에 필요한 전용 프로그램이 내장되어 있으며 파형감시, 그래픽, 데이터 저장, 보고서 출력 등의 기능을 수행한다. 컴퓨터와 진단장치와의 통신은 RS-232C/422로



<그림 6>



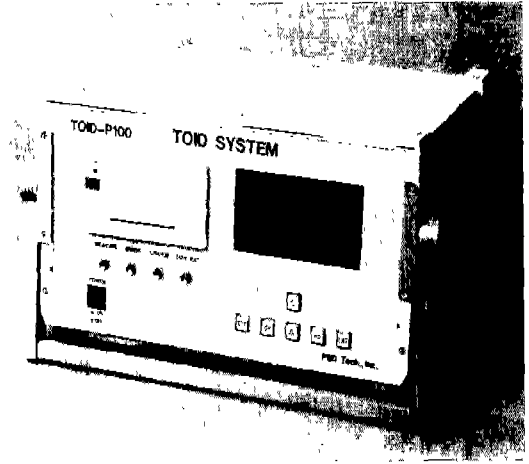
가능하며 원거리 통신이 필요할시에는 모뎀에 의한 통신도 가능하다.

② 진단장치부

- 절연유열화센서로부터 입력되는 누설전류와 온도 신호를 받아 컴퓨터에서 읽어 들일 수 있도록 하기 위한 A/D변환, 증폭, 필터링 등의 기능을 수행하며 크게 나누어 Control Unit 부분, Multi Channel부분과 Terminal Unit부분으로 나뉘어져 있다. 또한 전체적인 구성은 19" Rack Type으로 만들어져 있다.

- Control Unit부분 : Digital Display부와 Printer, Keyboard 등으로 나누어져 있으며 직접 현장에서 데이터 Display, 데이터저장, 출력 등의 기능을 수행할 수 있다.

- Multi Channel Unit부분 : 3단의 Rack으로 구성되어 있고 첫번째 단이 표준이며 2,3번째 단의 Rack은 옵션으로 한 Rack당 8개의 채널씩 16개의 채널을 추가로 삽입할 수 있다. 또한 첫번째 단은 CPU보드, A/D보드, Status보드, Modem보드 및 4개의 채널보드 등 총 8개의 보드로 이루어져 있고 1채널당 변압기 1대의



<그림 8>

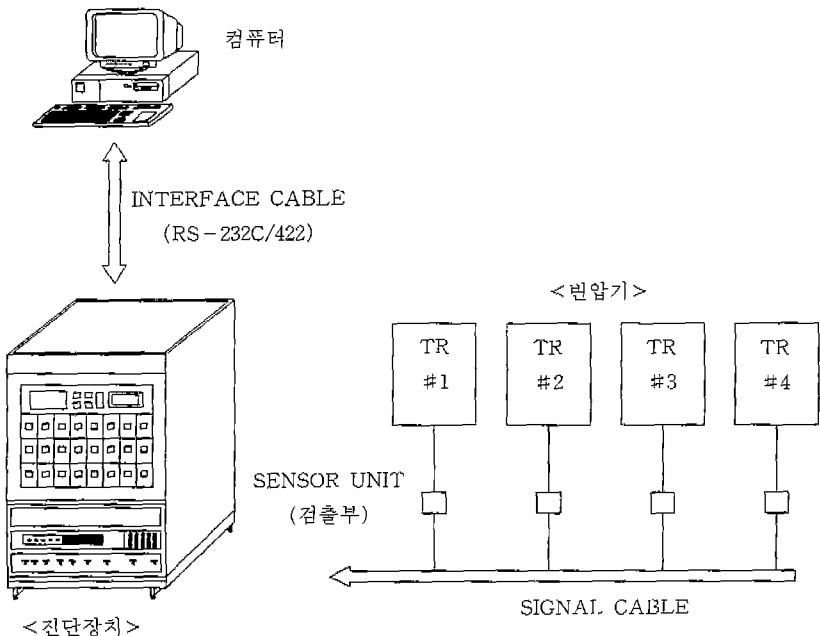
누설전류, 온도신호를 감시할 수 있다.

(3) 휴대용 진단장치

① 외 관

② 주요기능 및 특징

- 현장에 휴대하여 점검이 용이하도록 구성된 장

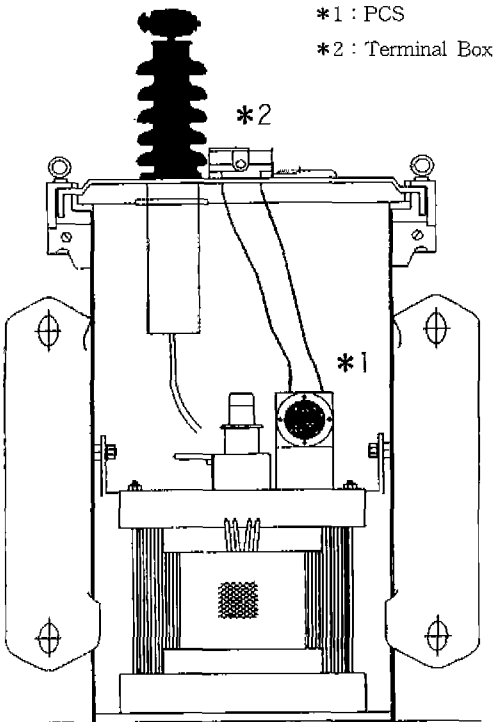


<그림 7>

비로써 컴퓨터에 연결하지 않고 직접 키보드를 눌러 조작한다.

- LCD에 누설전류 및 온도값이 나타나며 측정 데이터가 자동 저장되며 파형으로 표시되어 나타나도록 되어있어 단독으로도 측정, 저장, 출력이 가능하다.
- 전면에 LCD 디스플레이, 프린터, 키보드, 배터리상태 지시램프 등이 있어 현재 측정되고 있는 누설전류, 온도값을 감시할 수 있고, 측정된 데이터의 저장도 자동적으로 된다.
- 측정후 전원을 꺼도 진단장비 내부에서 측정 데이터를 메모리에 저장(10년동안)이 가능하다.
- 자체 진단기능 수행
- 전 압 : AC90~240V
- 측정용 배터리의 사용시간 : 2시간
- 치 수 : 320×165×345(W×H×D)mm - 1채널
450×200×400(W×H×D)mm - 4채널
- 종 류 : 1채널, 4채널

③ 정격사양



<그림 9>

거치형 진단장치와 동일

4 PCS 설치방법

(1) 개요

PCS를 변압기의 절연유속에 넣기 위한 방법은 변압기 내부에 내장하는 방법과 외부 보조탱크를 제작하여 설치하는 방법 등 두가지가 있다. PCS와 진단장치가 연결되는 상태는 터미널 박스를 통하여 변압기 내부로 PCS가 연결되며, 외부로는 리더 선 단자를 설치하여 이 단자에서

- 휴대용 진단장치를 이용하여 정기적으로 변압기 열화상태 진단
- 거치형 진단장치를 설치하여 상시 변압기 열화상태 진단

(2) PCS 설치방법

- ① 변압기 내부에 내장하는 방법
 - 신설 소용량, 주상변압기에 적합
 - 변압기가 운휴중일때만 PCS 설치가 가능하다 <그림 9>.
- ② 외부 보조탱크 설치방법
 - 기존설비나 대용량의 변압기에 적합
 - 변압기가 운전중이라도 설치가 가능하다.
 - 보조탱크를 별도로 제작하여 설치해야 함

5 진단결과 분석 기록표

(1) 일반사항

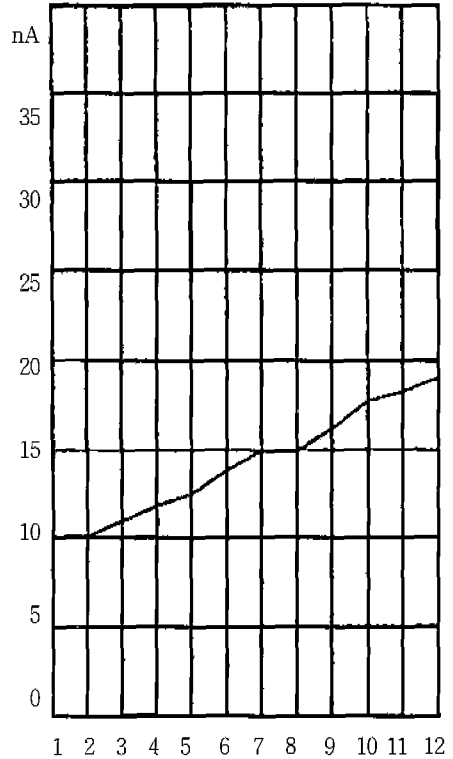
일 시 : 1996년10월31일11시

변압기명	용 량	전 압	설치년도
제1변압기	50MVA	154KV/22.9kV	1990년 1월

(2) 진단결과 1995년 연보

측정일시	측정전류	측정온도
1 월	10nA	39℃
2 월	10nA	42℃
3 월	11nA	42℃
4 월	12nA	42℃
5 월	13nA	43℃
6 월	14nA	45℃
7 월	15nA	48℃
8 월	15nA	50℃
9 월	16nA	47℃
10 월	18nA	44℃
11 월	18nA	40℃
12 월	19nA	40℃

전류평균	온도평균
14nA	43℃

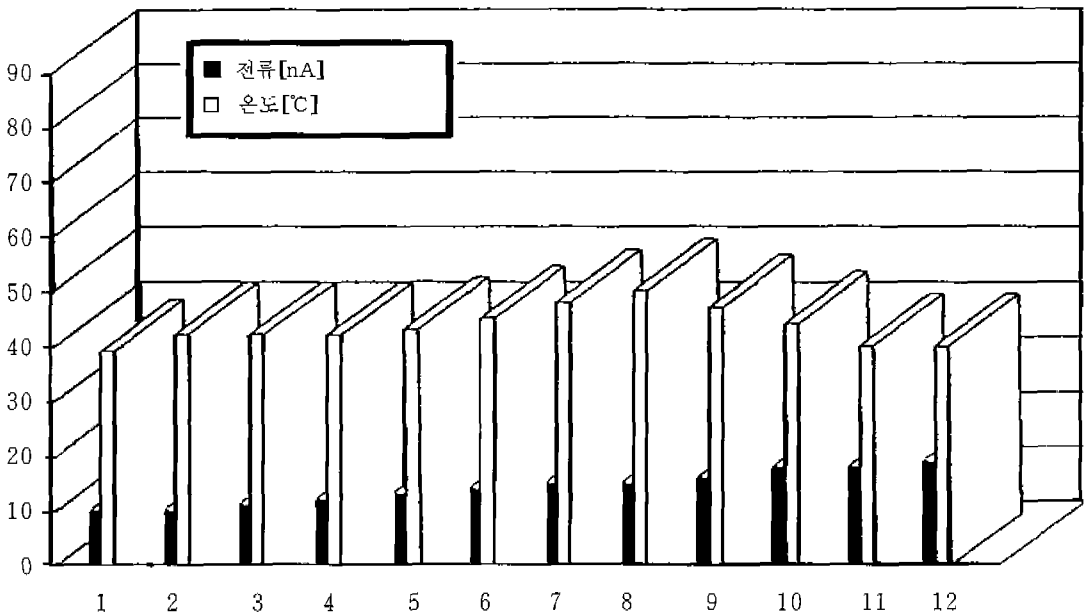


(3) 전류 · 온도변화 그래프 <그림 11>

(4) 진단결과 및 종합의견

누설전류값이 양호하므로 절연유 절연상태는 정상임

<그림 10>



<그림 11>