

絶緣狀態 監視시스템의 開發과 運用實態

(上)

전기설비의 보안확보에서 중요한 것 중의 하나는 電路의 절연레벨을 상시 양호한 상태로 유지하는 것이다. 현재 절연레벨의 유지는 정기적인 목시점검 및 1년에 1회 또는 필요할 때마다 정전하여 절연저항을 측정하는 것등으로 불량예측 및 불량발견을 하여 조치, 유지하고 있는 것이 현상이다.

그래서 이러한 시설에 전로의 절연상태를 상시감시하는 장치를 도입한다면, 절연레벨의 이상을 조기에 검지하고 사고의 미연방지에 의해 대폭적인 보안레벨의 향상을 도모하는 외에도 수많은 분기회로의 절연저항측정의 성력화에도 도움이 되는 것이다.

이러한 배경아래 새로 절연상태 감시시스템을 개발하여 이미 상당수의 설치를 완료하고 있다.

이 장치의 설치는 전기보안의 확보와 수탁 수요가의 매월점검을 격월점검으로 하기 위한 조건으로 하고 있으나 이 장치를 설치함으로써, 외부사람이 갖고 들어온 전동공구의 절연불량이 발견되거나 솟水槽室의 누수로 인한 전기기기가 관수하여 절연불량된 사고를 지체없이 대처할 수 있어 큰 사고를 미연에 방지할 수 있었던 사례들이 보고 되고 있다.

다음은 이 시스템의 개요, 설치상황, 경보의 발생상황, 사고방지의 사례등을 소개키로 한다.

1. 絶緣狀態 監視시스템이란

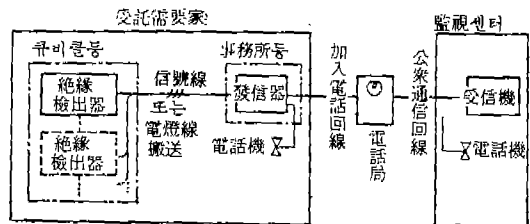
절연상태 감시시스템은 저압전로의 절연레벨의 이상을 검출하는 「절연검출기」와 그 감시결과를 자동 전송하는 「발신기」등과 전송된 정보를 수신하는 「수신기」로 구성, 다수의 수요설비의 절연레벨을 일괄하여 감시하는 시스템이다.

(1) 構成

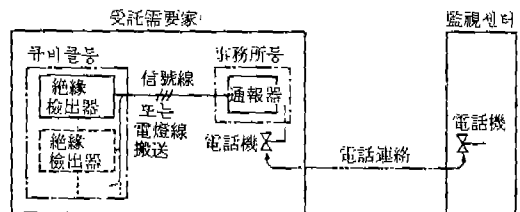
절연상태 감시시스템은 그림 1과 같이 전로의 절연상태 감시결과를 감시센터에 자동전송하는 「자동통보방식」과 동 감시결과를 사람이 전화연락하는 「전화연락방식」이 있다.

自動通報方式은

① 수전설비에 설치하고 전로의 절연레벨을 상시 감시하는 절연검출기



(a) 自動通報方式



(b) 電話連絡方式(100kW 未滿)

< 그림 - 1 > 絶緣狀態監視시스템

② 구내사무소등에 설치하고 절연검출기로 부터의 정보를 처리, 가입전화회선을 사용하여 자동적으로 감시센터에 전송하는 발신기

③ 감시센터에 설치하여 발신기에서 전송된 정보를 수신, 警報를 하는 동시에 메이터를 표시하며, 기억 및 프린트하는 수신기에 의해 구성되고 있다.

電話連絡方式은

① 절연검출기 (자동통보방식과 같다)

② 구내사무소등에 설치하며 절연검출기로 부터의 신호를 처리하고 램프 및 알람음에 의해 경보를 발하는 통보기에 의해 구성되고 있다.

그리고 통보기가 경보를 발한 경우는 연락하는 책임자에 의해 전화로 감시센터에 통보된다.

(2) 機能, 動作 및 特性

(1) 절연검출기

절연검출기는 대상電路의 누설전류가 전원변압기의 제 2종 접지공사의 접지선(이하 제 2종 접지선이라 함)에 滲漏해 오는 성질을 이용하여 이 누설전류(I_0)를 상시계측하여 소정의 변화가 생겼을 때 신호를 발하는 것이다.

그러나 교류전로에 있어서의 I_0 는 對地 절연저항에 기인하는 전류성분과 對地靜電 용량에 기인하는 전류성분이 있으므로 단순히 누설전류의 변화만으로는 절연감시를 할 수 없는 경우가 있으므로 대지 절연저항에 기인하는 전류성분만을 상시계측하고 소정의 변화가 생겼을 때 신호를 발하는 것도 필요하다. 그래서 대상전로의 대지정전 용량의 유무에 따라 표 1과 같이 零相전류(I_0)방식, 또는 I_0 가운데 대지절연저항에 기인하는 전류성분만을 분리 검출하는 交流重疊有效分(I_{gr})방식의 어느 것을 적용한다.

(a) I_0 절연검출기

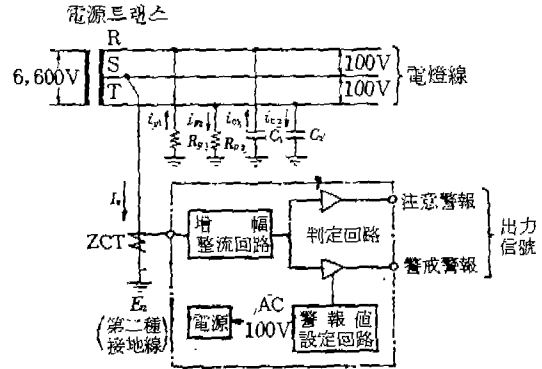
(1) I_0 절연검출기의 원리

그림 2에 單相 3선식 전로에 I_0 절연검출기를 적

〈표-1〉 絶緣檢出器 方式의 適用

對象電路의 對地靜電容量	絶緣檢出器의 方式
僅少(거의 無視할 수 있는 경우)	零相電流(I_0)方式
크다(上記以外)	交流重疊有效分(I_{gr})方式

(注) 交流重疊有效成分 방식은 對象전로의 대지정전 용량의 크기에 관계없이 적용할 수 있으나 경제성 등으로 대지정전용량이 큰 수요가 설비에 적용한다.



〈그림-2〉 I_0 絶緣檢出器 블럭 다이어그램

용했을 경우의 블럭 다이어그램을 표시한다.

R_{g1}, R_{g2} : 非接地側의 대지절연저항

C_1, C_2 : 비접지측의 대지靜電용량

으로 하면 접지선에 한류하는 누설전류 I_0 는 다음과 같은 식이 된다.

$$I_0 = (i_{g1} - i_{g2}) + (i_{c1} - i_{c2})$$

$$= \sqrt{2} E_0 \left(\frac{1}{R_{g1}} - \frac{1}{R_{g2}} \right) \sin \omega_0 t$$

$$+ \sqrt{2} E_0 \omega_0 (C_1 - C_2) \cos \omega_0 t \quad (1)$$

여기서 E_0 는 전로전압, $\omega/2\pi$ 는 商用 주파수인 零相변류기(ZCT)의 출력을 증폭, 整流하면 정류기의 출력전압 e 는

$$e = \sqrt{2} E_0 \left[\left(\frac{1}{R_{g1}} - \frac{1}{R_{g2}} \right) + \omega_0^2 (C_1 - C_2)^2 \right]^{1/2} \quad (2)$$

가 된다.

이 I_0 절연검출기는 대지정전용량이 적은 경우에 적용하므로 절연레벨 低下가 없는 전전한 저압회로에서는 (1)식의 제 1항, 2항 모두 적으나 절연저하가 생겼을 경우, 제 1항이 크게 된다. 따라서 (2)식의 정류출력이 크게 되어 이 전압을 상시 계측하여 소정의 값 이상이 되었을 때 절연저하가 발생한 것이라고 판단할 수가 있다. 그러나 非接地相의 절연저항이 서로 비슷할 때는 (1)식의 제 1항이 작게 되는 경우가 발생하는 位相相殺現象은 실제 문제로서 절연저하와 함께 동시에 일어나는 일은 극히 드물다고 생각된다.

(L) I_0 절연검출기의 특성

(i) 검출특성

누설전류의 검출레벨에 의해 다음의 警報를 출력

한다.

- ① 주의 경보 : $15\text{mA} \pm 10\%$
- ② 경계경보 : $50\text{mA} \pm 10\%$
- (ii) 최소검출시간 특성
표 2에 일예를 표시한다.

〈표 2〉 最小檢出時間特性의 一例

區分	警報設定値 [mA]	設定値의倍率 [%]	設定値電流 [mA]	最小檢出時間 [ms]
H	15	200	30	15~45
	50	120	60	40~90
L	15	500	75	80~250
	50	120	60	440~800

(iii) 동작표시

- ① 주의 신호 출력시 : 주의 램프를 점등, 보지
- ② 경계 신호 출력시 : 경계 램프를 점등, 보지
- ③ 주의 램프 및 경계 램프는 복귀 스위치에 의해 리세트할 수 있다.

(iv) 시험기능

시험 스위치에 의해 검출부의 동작 확인을 할 수 있다.

그리고 시험시에는 출력 신호는 송출되지 않는다.

(b) I_{gr} 절연 검출기

I_{gr} 절연 검출기에는 고성능기와 汎用器가 있으나 여기서는 汎用器에 대해서 기술하겠다.

(7) I_{gr} 절연 검출기의 원리

그림 3에 I_{gr} 절연 검출기의 블럭 다이어그램을 표시한다.

주입 發振器로 제 2 종 접지선을 통해 변압기 2차 축저압電路에 低周波의 감시용 신호를 商用 電源에 걸쳐 주입한다. 대상 전로에서 제 2 종 접지선에 환류해 오는 누설 전류를 영상 변류기(ZCT)로 검출하고 濾波器로 감시용 신호 성분을 분리 추출, 그 누설 전류 i_g 를 대지 절연 저항은 R , 대지 정전 용량은 C 로 하면, 다음과 같이 된다.

$$i_g = \frac{1}{R} \sqrt{2} V_1 \sin \omega_1 t + \omega_1 C \sqrt{2} V_1 \cos \omega_1 t \quad (3)$$

단, $\omega = 2\pi f_1$ f_1 : 감시 신호 주파수 V_1 : 감시 신호 전압

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_{g1}} + \frac{1}{R_{g2}} + \frac{1}{R_{g3}}$$

$$C = C_1 + C_2 + C_3$$

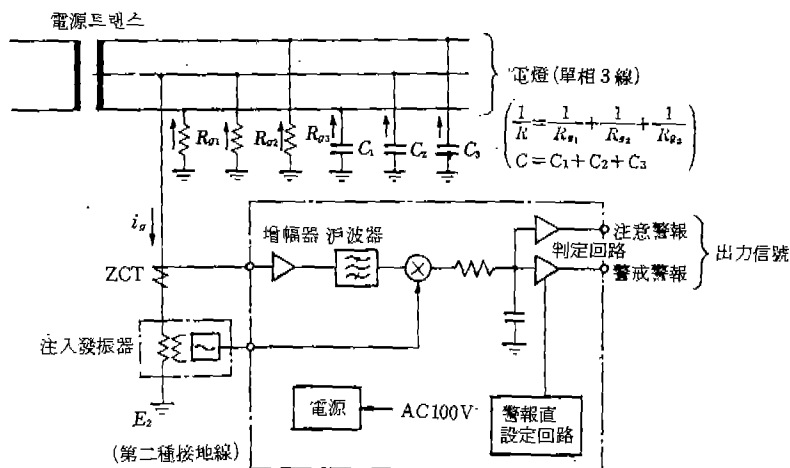
(3)식의 i_g 는 1항은 유효분, 2항은 무효분의 누설 전류를 표시하나 유효 성분만을 구하게 되므로 유효분 검출회로로 注入 發振器 출력 $\sqrt{2} V_1 \sin \omega_1 t$ 와 (3)식의 i_g 와의 부피를 구하면

$$i_g \times \sqrt{2} V_1 \sin \omega_1 t = \frac{V_1^2}{R}$$

$$- V_1^2 \left[\frac{\cos 2\omega_1 t}{R} - \omega C \sin 2\omega_1 t \right] \quad (4)$$

가 되며 (4)식의 직류분 D_R 을 구하게 됨으로써 等價對地 절연 저항 R 을 얻을 수 있다.

(7) I_{gr} 절연 검출기의 특성



〈그림 3〉 I_{gr} 절연 검출기 블럭 다이어그램

(i) 검출특성
대지절연저항에 기인하는 누설전류의 검출레벨에 의해 다음의 경보를 출력한다.

- ① 주의경보 : $15\text{mA} \pm 10\%$
- ② 경계경보 : $50\text{mA} \pm 10\%$

(ii) 對象電路의 누설전류 가운데 절연저항에 기인하는 전류성분을 분리할 수 있는 對地靜電용량 : $3\mu\text{F}$ 이하

(iii) 동작표시

- ① 주의신호 출력시, 주의램프를 점등, 보지한다.
- ② 경계신호 출력시, 경계램프를 점등, 보지한다.
- ③ 주의램프 및 경계램프는 복귀스위치에 의해 리셋할 수 있다.

(iv) 모니터출력

I_{or} 을 모니터하는 전용 잭을 가지며 출력 임피던스는 $1\text{k}\Omega$ 이하이다.

- ① 출력전압 : $100\text{mV}/50\text{mA}$
- ② 모니터精度 : 對地靜電용량 $C = 0 \sim 3 [\mu\text{F}]$
 $I_{or} = 15\text{mA} \sim 50\text{mA}$ 에서 $\pm 10\%$ 이하
 $I_{or} = 5\text{mA} \sim 15\text{mA}$ 에서 $\pm 2\text{mA}$ 이하

(v) 시험기능

시험기능은 I_0 절연검출기와 같으며 시험스위치에 의해 검출회로의 동작확인을 할 수 있다.

그리고 시험시에는 출력신호는 송출하지 않는다.

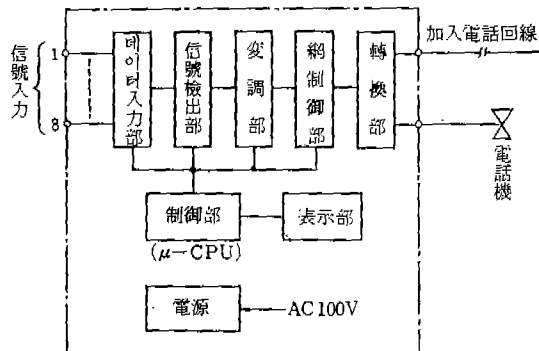
(2) 發信器

(i) 발신기의 원리

그림 4에 발신기의 블록다이아그램을 표시한다.

① 신호검출부에 입력된 신호는 제어부에서 처리 판단하여 網계어부가 동작하여 자동다이얼로 수신기를 호출한다.

② 회선접속후 수신기에서의 응답신호를 수신하



〈그림-4〉 發信器블록다이아그램

면 입력데이터를 주파수 변조하여 수신기로 송출한다.

③ 수신기로 부터의 수신확인 신호를 수신하면 송신중료신호를 송출하여 전화회선을 복구한다.

(i) 발신기의 특성

(i) 입력신호회로

입력항목은 8항목이 있으며, 온·오프신호를 포트커플러로 받고 있다.

(ii) 입력신호의 종류

- ① 正常 : 검출기로부터의 신호가 오프
- ② 發生 : 검출기로부터의 신호가 오프로 부터 온으로 변화
- ③ 連續 : 검출기로부터의 신호가 온인채 5분이상 경과

(iii) 출력코드

표 3에 출력코드의 일예를 표시

〈표-3〉 發信器出力信號코드 - 例

信號의名稱	正 常	發 生	連 續
信號의狀態	入力信號가 없는상태	入力信號가 발생한상태	入力信號가 5분간 연속한 상태
CH NO			
信 1	00	11	12
號 2	00	21	22
코 :			
드 8	00	81	82

(iv) 재호출

다이얼 발신했으나 수신가가 통화중, 또는 올바르게 송신할 수 없었을 때는 1차 회선을 끊고, 재차 다이얼 발신한다.

재호출은 1건의 송신데이터에 있어서 5회까지 할 수 있다.

(v) 송신선 변경

제 1수신기에 대해 재호출 5회까지도 올바르게 송신하지 못했을 때, 또는 제 1수신기로부터 수신 정지중 신호를 수신했을 때, 자동적으로 제 2수신기에 다이얼 발신한다.

(vi) 기능시험

① 송신변조기의 시험

설정 모드스위치를 변조기 시험상태로 하고 송신 변조기가 올바르게 동작하고 있는지 없는지의 시험을 할 수 있다.

② 變復調部の 자기시험

모터설정 스위치를 變調部 자기시험상태로 함으로써 제어부에 의해 생성된 시험패턴은 變復調部로 되돌려져 자기시험을 할 수 있다. 송출패턴과 復調 패턴이 일치하지 않을 경우, 시험램프가 프리커한 다.

③ 송신시험

송신시험 스위치에 의해 검출기의 상태를 수신기에 강제적으로 송출할 수가 있다.

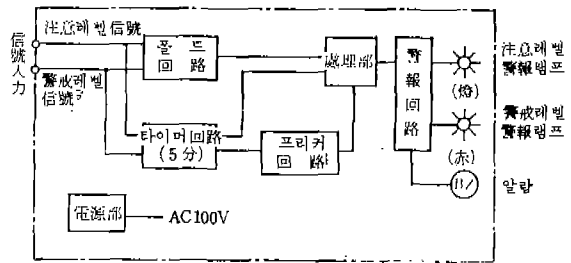
④ 회선시험

切分器를 전회기록에 넘어뜨려, 통상전화로서 사용해 봄으로써 회선의 정상을 확인한다.

(3) 通報器

통보기의 구성은 그림 5와 같으며 그 기능 및 동작은 다음과 같다.

① 절연검출기의 경보신호를 받으면 경보표시램프가 점등하는 동시에 알람이 울린다. 그리고 램프

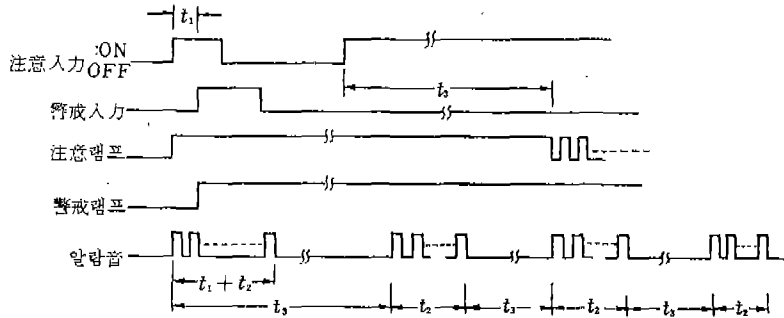


〈그림- 5〉 通報器블럭다이어그램

의 점등상태는 復歸스위치를 누를때까지 보지된다.

② 절연검출기로 부터의 경보신호가 5분을 넘어서 계속하면 경보표시램프가 점멸하는 동시에 알람이 울린다. 그리고 점멸상태는 점등과 같이 복귀스 위치를 누르게 될 때까지 보지된다.

③ 통보기의 동작예를 그림 6에 경보의 종류와 램프의 점등상태와의 관계를 표 4에 표시한다.



(注) t_1 : 約10秒
 t_2 : 5分10秒~5分20秒

〈그림- 6〉 通報器의 警報램프 및 알람음 동작의 1예

〈표- 4〉 通報器의 警報動作

警報의種類	警報內容	通報器의 通報內容		
		燈램프	赤램프	알람
注意發生	15mA이상의 누설전류가 발생했음을 나타내는 경보	● 點燈	○ 不點	알람鳴動(10秒間), 그후 5분마다 2회 울린다
注意連續	15mA이상의 누설전류가 5분을 넘어서 발생했음을 나타내는 경보	● 點燈	○ 不點	
警戒發生	50mA이상의 누설전류가 발생했음을 나타내는 경보	● 點滅	● 點燈	
		● 點滅		
警戒連續	50mA이상의 누설전류가 5분을 넘어서 발생했음을 표시하는 경보	● 點滅	● 點滅	

(4) 受信機

(1) 수신기의 원리

그림 7에 수신기의 블럭다이어그램을 표시한다.

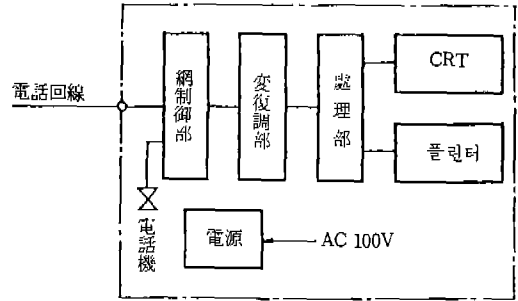
① 발신기로부터의 호출에 대해서 網制御部는 자동착신형식으로 응하며, 번복조부가 전화회선에 접속된다.

② 번복조부로 復調된 신호는 處理部에서 처리되어 수신일시, 수요가번호, 감시정보등이 CRT에 표시되는 동시에 플린터에 출력된다.

(2) 수신기의 특징

① 수요가에 설치된 발신기로부터 호출을 받고, 자동착신 접속형식에 의해 회선이 접속되어 감시정보가 수신처리된다.

② 처리결과는 CRT에 표시되어 플린터에 출력



〈그림-7〉 受信機블럭다이어그램

되는 동시에 수신데이터는 프로피디스크에 기록된다

③ 수신한 감시정보의 전송에러등에 대해서 에러 메시지가 CRT, 플린터에 출력된다.

④ 플린터출력형식의 일예 및 신호코드의 설명을 그림 8에 표시한다.

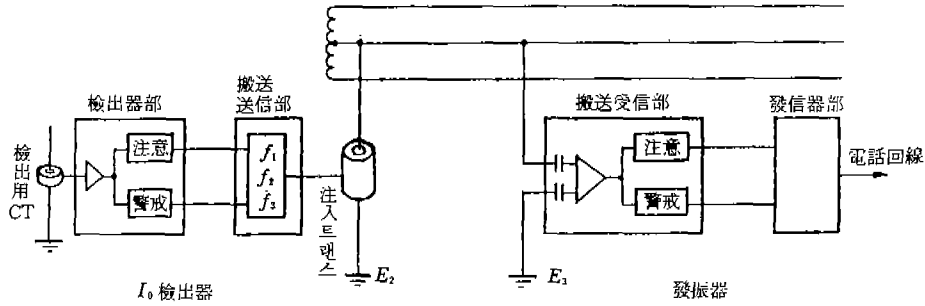
85/03/26 10:58 12-34-5678 M-1 D-12 21 00 00 00 00 00
 年 月 日 時 分 수요가번호 모드 주의신호 경계신호

M-1	신호입력에 의해 송신되었다
M-2	시험스위치에 의해 송신되었다

通常은 00이다. 발신기의 3-8채널에 신호를 넣으면 아래표에 준해 보내온다.

警報信號	상태	警報信號	상태
00	정상	00	정상
11	주의발생...주의입력이 있었던 것을 표시	21	경계발생...경계입력이 있었던 것을 표시
12	주의연속...주의입력이 5분간 계속되었던 것을 표시	22	경계연속...경계입력이 5분간 계속 되었음을 표시
13	송신일시정지중 주의입력의 송신을 3시간 정지중임을 표시	23	송신일시정지중 경계입력의 송신을 3시간 정지중임을 표시
16	발생계속중 주의입력의 5분연속을 카운트중임을 표시	26	발생계속중 경계입력의 5분연속을 카운트중임을 표시
14	송신정지중 주의신호의 송신을 정지하고 있음을 표시 (발신기의 SW ₂ 의 1을 ON했음을 표시)	24	송신정지중 경계신호의 송신을 정지하고 있음을 표시 (발신기의 SW ₂ 의 2를 ON했음을 표시)
15	송신정지중 해제 주의신호의 송신정지를 해제한 것을 표시 (발신기의 SW ₂ 의 1을 OFF했음을 표시)	25	송신정지중 해제 경계신호의 송신정지를 해제했음을 표시 (발신기의 SW ₂ 의 2를 OFF했음을 표시)

〈그림-8〉 受信機플린터出力形式例



〈그림-9〉 搬送部の 블럭다이어그램

(3) 信號搬送器의 導入

절연상태 감시시스템 가운데 수전설비에 설치하는 절연검출기와 사무소동에 설치하는 통보기 또는 발신기와와 사이에서 정보를 전송하는 방법은 신호기를 새로 배선하는 유선방식이 신뢰성도 높고 일반적이다. 그러나 이미 설치된 빌딩, 공장동에 신호선을 배선할 때는 공사의 곤란성, 코스트의 불안정등으로 하여 경제성에 문제가 생기는 경우가 있다. 그래서 절연검출기와 통보기 또는 발신기간의 신호전송은 원칙으로 유선방식으로 하며 유선방식에서 배선공사가 곤란한 경우에는 기설의 전등회로를 이용한 반송방식을 도입하도록 했다.

이번에 메이커와 공동으로 새로 개발하여 설치하고 있는 반송기는 그림9와 같이 전등회로의 접지측 전선에 신호의 종류에 따른 低周波를 주입하고 大地를 귀로 하는 방식으로서 신호전송이 전등의 부하상태의 영향을 받지 않는 것을 큰 특징으로 하고 있다.

또 이들의 장치는 보안장치이므로 신호전송은 높은 신뢰도를 갖고 있지 않으면 안된다. 그래서 필드시험에서 충분히 전송특성을 확인하고 있으나 도입하고 있는 반송기는 반송파 그 자체를 상시 감시하는 기능을 갖고 있으며, 신호반송에 이상이 있으면 경보가 나오도록 되어 있다.

그리고 반송기 가운데 송신부는 절연 검출기에 수신부는 통보기 또는 발신기에 내장하여 소형화와 설치공사의 성력화를 도모하고 있다.

(4) 警報發生時의 探查用 測定器

경보는 對地절연저항의 저하에 기인하는 누설전류에 의하는 것으로서 이 누설 전류가 발생하고

〈표-5〉 探查用測定器

名 稱	檢出하는電流	測定範圍	特 長
크랑프리카크미터	I_0	0 ~ 10m A 0 ~ 300A	多レンジ
피크記錄計	I_0	0 ~ 10m A 0 ~ 100mA	레코더內藏 피크포올드
피크記錄計	I_0 및 I_g	0 ~ 100mA 0 ~ 1 A	3차널 I_0 測定 피크포올드

(註) I_0 : 商用周波數의 對地누설電流

I_g : I_{0r} 檢出器의 監視用 信號에 의한 對地누설電流

는 개소를 탐사하는 측정기가 필요하다. 현재 주로 사용중에 있는 탐사용 측정기는 표5와 같다.

(다음호에 계속)

