

# 電氣設備의 故障診斷

## 24. OF 케이블의 새로운 故障診斷技術

### 1. 머리말

OF 케이블이 실용화된 것은 오래 전의 일로서, 최근에는 架橋 폴리에틸렌 케이블의 성능이 향상된 66kV級 이상의 고압 케이블에 확대 사용되고 있다. 그렇지만 OF 케이블은 여전히 基幹地中線이나 변전소 공장내의 基幹線用으로 광범위하게 적용되고 있고 현존하는 설비의 전압계급은 33kV에서 550kV까지 미치고 있다.

OF 케이블의 매력은 절연체의 전기성능이 장기적으로 볼 때 대단히 안정되어 있다는 점이다. 脫氣脫水한 종이와 기름이 복합절연체를 대보다 높은 압력으로 사용하기 때문에 솔리드 케이블이나 고무·플라스틱 케이블과 같은 절연체의 열화가 없으며 과거 50년간 열화에 의한 送電機能 상실사고는 거의 없었다.

따라서 OF 케이블의 보수에 있어 케이블 절연체 자체의 감시는 거의 필요하지 않으며, 오히려 고성능 등을 지속시키기 위해 油壓을 維持하고 있는 케이블과 부대설비로 구성된 시스템을 대상으로 하고 있다. 보수의 내용을 대별하면 중대사고를 미연에 방지하기 위한 일상점검과 만일 고장이 발생했을 경우의 조치가 있다. 여기서는 이점에 관해 종전부터 표준으로 채용하고 있는 기술과 최근 실용화된 기술에 대해 대표적인 것을 소개하기로 한다.

### 2. 일상 보수점검

OF 케이블은 油壓系統이 정상일 경우에는 전기파괴사고를 거의 일으키지 않는다. 따라서 보수의 기본은 給油系統의 油量, 油壓의 감시에 있다고 해도 과언이 아니다. 그러나 모든 선로는 그 중요성이나 환경조건에 응해 상기 감시뿐 아니라 고장의 미연방지나 조기발견에 노력하고 있다.

#### (1) 일상 일반점검

OF 케이블의 실용화 이래 금속 시즈로서 약 40년간 채용되어 온 鉛被는 비교적 기계특성이 사용조건에 대응하지 못할 경우의 伸縮 振動疲勞나 低速伸破斷 등에 의해 과거에는 많은 漏油를 일으켰다.

1962년 汎用品으로 알루미늄被 케이블이 채용된 이래 약 10년간에 걸쳐 순차적인 사양변경이 이루어졌다. 알루미늄被는 기계적 성능이 우수하여 疲勞 등에 의한 漏油가 적어져 일상의 보수점검도 줄어 들었으나 고장을 미연에 방지하기 위해 일상 보수점검을 전력회사나 수용가에서 하고 있다. 그 一例를 표 1에 표시한다.

이 중에서도 특히 給油系統 즉 油壓, 油量의 이상을 조기에 발견하는 것이 필요하고 선로규모, 설비량이 늘어난 곳에서는 기계화된 집중감시방

<표 1> 일상 보수점검 예

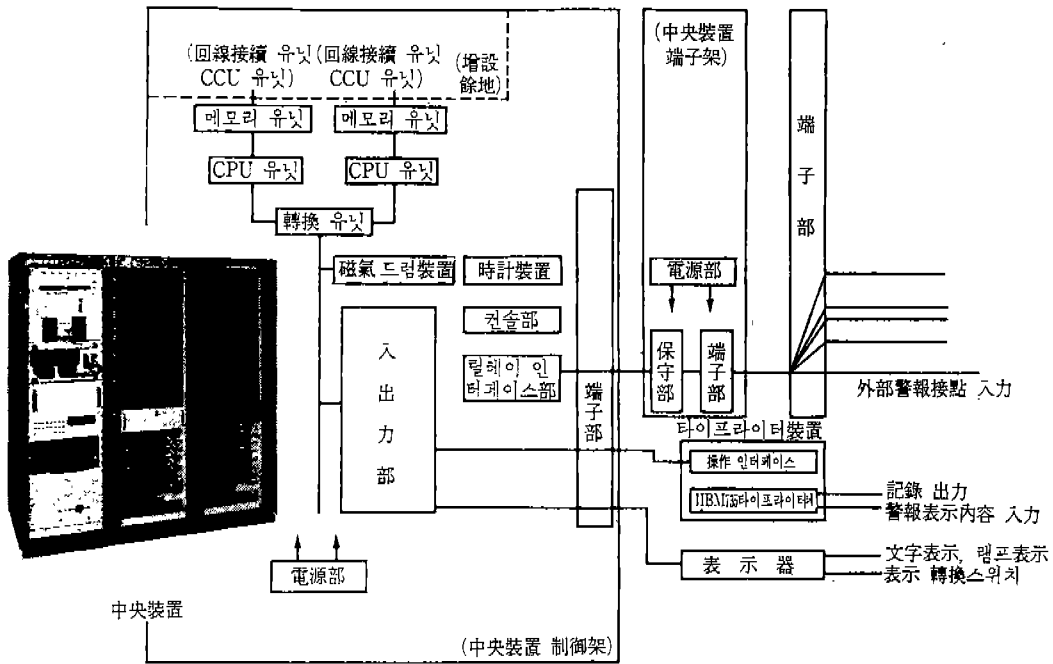
個所	項 目	內 容	頻 度
線路 全般	普通巡視	線路工作物, 用地, 다리 등의 이상을 조사해 사고의 원인을 미연에 발견	1回/週
	點檢巡視	맨홀, 피트, 專用橋, 終端 中間 接續函 支持架를 등의 점검	1回/月
給油 系統	給 油 槽	油量, 油壓과 經時變化, 漏油 점검	1回/月
	終端接續函, 給油管, 밸브 드림	漏油 점검	1回/月
	中間接續函	漏油 점검, 防蝕테이프, 外觀	1回/年
警報 系統	受 信 盤	油量, 油壓 경보 동작 확인	1回/月
	警報 回路	컨트롤, 케이블 外觀 등	
시즈 回路	接地線크로 스폴드線	리드선의 온도상승, 절연층의 외관 이상유무, 附着部の 양부	1回/年

식이 채용되고 있다.

(2) 給油系統의 이상진단

給油系統의 이상을 조기에 발견하려면 油量, 油面의 추이를 정확히 파악해 온도나 부하변동의 영향에 따른 변동과 다른 이상저하(또는 상승)를 탐지하는 것이 하나의 방법이다. 3심 케이블 1회 선인 경우는 어떤 補正을 필요로 하는 경우도 있지만, 2회선 포설 또는 단심 케이블일 경우는 인접 케이블과 상호 비교함으로써 이상변화를 일으키고 있는 케이블을 쉽게 구별할 수 있다.

과밀화된 都心變電所에서는 다회선의 케이블이 접속되고 더욱이 無人發電所가 늘어남에 따라 有人發電所에서 방대한 油壓, 油량을 집중감시하지 않으면 안된다. 이 경우 종전의 각 선로마다 기록계나 보수원의 目讀에 의한 데이터 수집으로는 신속히 대처하기 어렵기 때문에 새로운 집중감시 시스템의 개발이 진행되고 있다. 그 一例로 1977년 일본 東京電力 江東 S/S에서 실용화된 多點警報의 집중감시장치 개요를 그림 1에 표시한다. 본 장치는 최대 400點에 가까운 漏油, 火災, 冷却 등 각종 경보를 모을 수 있어 마이크로컴퓨터에 의



<그림 1> 地中線 警報集中監視裝置

해 고장내용이 해석되고 그 결과가 발생시간과 함께 디지털 표시장치와 타이프라이터에 출력되는 것이다.

### (3) 절연체의 이상진단

OF 케이블은 앞에서 설명한 것처럼 장기성능이 안정되어 있기 때문에 절연체의 이상진단을 할 필요는 거의 없고 더욱이 현재에는 표준적인 진단기술도 확립되어 있지 않다. 그러나 線路가 대용량화되어 系統으로써 고신뢰도가 요구되고 있는 현상이므로 가까운 장래 진단기술을 확립할 필요가 있다. 여기서는 비교적 새로운 진단기술의 예를 소개한다.

#### (a) 현지에서의 誘電正接測定法

공장내에서의 誘電正接(tan δ)의 측정은 고전압하에 표준 커패시터와 고압 세링브리지를 사용하여 精度 높은 측정을 하였다. 현지에서 있어서도 高精度가 요구되는 경우 같은 측정방법으로 해야 하지만 설비가 대단해져 과정보로 실시되지 않았다.

현지에서의 간이측정법으로는 보통 간이 세링브리를 사용하는데, 外部誘導를 받는 경우가 많다. 이 誘導의 영향을 고려해 실지에 가까운 tan δ를 측정하려면 간이 세링브리지 電線의 極性を 바꾸어 2面 측정하는 방법이 유효하다. 다음에 그 원리를 설명한다.

그림 2는 直列等價誘導電壓 V를 갖는 케이블과 브리지 및 그 電源을 결합한 회로이다.

#### <스위치 K를 I측에 넘겼을 때>

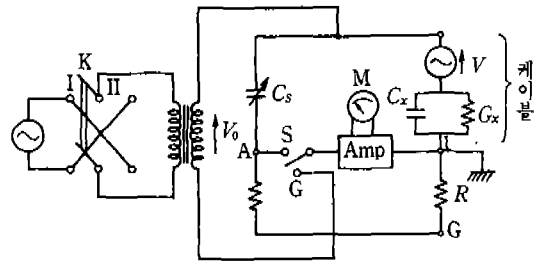
브리지가 평형될 때 다음 관계가 성립된다.

$$C_s R_s = C_x R \quad (1)$$

$$\frac{|V_A - V_L|_{\min}}{|V_L - V_G|} = |-G \times (V_0 - V) + j\omega C \times V| R \quad (2)$$

$$= |(G_x + j\omega C_x)(V_0 - V)| R \quad (3)$$

(2)식과 (3)식에서



- $C_x$ : 케이블의 等價並列靜電容量
- $C_s$ : 可變空氣 커패시터
- $V$ : 케이블의 等價直列 誘導電壓
- $M$ : 指示計器
- $G_x$ : 케이블의 等價並列 컨덕턴스
- $R_s$ : 標準抵抗
- $V_0$ : 브리지의 電源電壓(交流 100V)

<그림 2> 外部誘導를 받고 있는 경우의 誘電正接 測定方法

$$\frac{|V_A - V_L|_{\min}}{|V_L - V_G|} = \left| \frac{\left(1 + \frac{G_x}{j\omega C_x}\right)V - \frac{G_x}{j\omega C_x}V_0}{\left(1 + \frac{G_x}{j\omega C_x}\right)(V_0 - V)} \right| \quad (4)$$

誘導電壓을 電源電壓에 비해 무시할 수 있을 때

$$\left. \begin{aligned} |V_0| \gg |V| \\ \frac{G_x}{\omega C_x} = \tan \delta \ll 1 \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

인 조건이 성립되므로 (4)식은 다음과 같이 간단해진다.

$$\frac{|V_A - V_L|_{\min}}{|V_L - V_G|} \approx \left| \frac{V}{V_0} - \frac{G_x}{j\omega C_x} \right| \quad (6)$$

따라서 이 측정에 있어서 誘電正接의 측정치 ( $|V_A - V_L|_{\min}/|V_L - V_G|$ )를 tan δ<sub>1</sub>라고 하면

$$\tan \delta_1 = \left| \frac{V}{V_0} + j \tan \delta \right| \quad (7)$$

여기서 tan δ는 케이블의 참(眞) 誘導正接이다.

#### <스위치 K를 II측에 넘겼을 때>

이 제2회계의 측정에 있어서  $|V_A - V_L|_{\min II}/|V_L - V_G|$ 를 tan δ<sub>II</sub>라고 하면 tan δ<sub>II</sub>는 (7)식에서 V<sub>0</sub> 대신 -V<sub>0</sub>로 하면 되므로

<표 2> 외부 誘導을 제거한  $\tan \delta$  實測例  
(154kV 800mm OF)

케이블	A 케이블	B 케이블	C 케이블
$\tan \delta_1$ (%)	0.300	0.210	0.235
$\tan \delta_{II}$ (%)	0.260	0.145	0.045
$\tan \delta$ (%)	0.280	0.180	0.170
공장시험치	0.250	0.169	0.170

$$\tan \delta_{II} = \left| -\frac{V}{V_0} + j \tan \delta \right| \quad (8)$$

(7)식과 (8)식에서  $\tan \delta$ 를 구하면,

$$\tan \delta = \sqrt{\frac{\tan \delta_1^2 + \tan \delta_{II}^2}{2}} \quad (9)$$

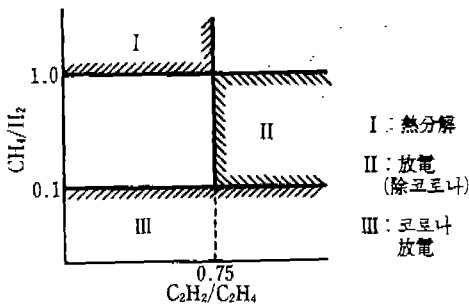
다만  $|V_0|=100V$ 이므로  $|V| \leq 5 \times 10^{-2}V$ 이면 (9)식의 우변의 제 2 항을 생략할 수 있어

$$\tan \delta = \sqrt{\frac{\tan \delta_1^2 + \tan \delta_{II}^2}{2}} \quad (10)$$

가 되어 2회 측정치의 2승 평균의 평방근을 계산함으로써 케이블의 참  $\tan \delta$ 를 구할 수 있다. 현재에서의  $\tan \delta$  實測例는 표 2와 같다.

(b) 絶緣油內 가스분석에 의한 진단

變壓器에서는 이미 油分析에 의한 절연체 이상 진단법이 보수면에 활용되고 있지만, OF 케이블의 경우 일부에서 데이터 수집을 하고 있을 뿐 보수기준의 확립은 금후의 과제이다. 變壓器의 경우와 같이 전문가에 의한 많은 연구자료 속에서 발생가스 組成으로부터 이상원인을 추정할 때의



<그림 3> 油中 가스組成에 따른 異常推定

눈대중으로 표시한 데이터는 그림 3과 같다. 이것을 참고로 하면 OF 케이블油를 실線路에서 채취 분석해 다음의 진단을 할 수 있다.

(i) H<sub>2</sub> 및 低分子炭化水素 등의 가스가 없을 경우 이상 없음.

(ii) 상기 가스가 존재할 경우 정기적으로 분석을 계속해 급증유무를 확인한다(鉛工事의 가열로 가스가 생기는 일이 있고 증가경향이 없으면 문제 없음).

(iii) 정기분석에서 급증하는 경우 그림 3의 어느 영역이 되는가를 판정한다. 더욱이 이것과는 별도로 Galand 등에 의해 표 3와 같은 LCIE 표(Laboratoire Central des Insitries Electriques)의 진단이 제안되고 있어 참고가 된다. 이것들에 의해 얻어진 이상원인의 종류별 결과에 따라 현지에서의 이상조사를 하면 된다.

<표 3> LCIE 表

분 류	발생가스의 종류		이상의 종류
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> 를 포함	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub>		油中 아크
	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , CO, CO <sub>2</sub>		油浸紙中 아크
	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> , C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> , C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> , C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> , C <sub>3</sub> H <sub>4</sub>		油中에서 강한 局部放電 또는 약한 아크
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> 를 포함 (C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> 없음)	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> , C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> , C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> , C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	H <sub>2</sub> 와 不飽和炭化水素가 支配的	油浸紙中の 강한 放電
	C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> , CO, C, CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> 와 飽和炭化水素가 支配的	油浸紙中の 약한 放電
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> 를 포함 (C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> 없음)	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> , C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	CH <sub>4</sub> 가 支配的	局部過熱 (500°C 이하)
	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> 가 支配的	局部過熱 (500°C 이상)
CO <sub>2</sub> 를 포함 (C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> , C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> 없음)	CO <sub>2</sub> (CH <sub>4</sub> , CO는 검출되지 않는 경우도 있다)		종이의 熱劣化
	CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> , CO		油浸紙中の 대단히 약한 局部放電
	CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> , C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> , CO		油浸紙中の 약한 局部放電
H <sub>2</sub> 가 支配的	H <sub>2</sub> (CH <sub>4</sub> 는 검출되지 않는 경우도 있다)		油中에 대단히 약한 局部放電

#### (4) 防蝕層의 이상진단

OF 케이블의 油壓을 維持하려면 알루미늄이나鉛의 금속 시즈가 부식되지 않는 것이 필요한데 열화비닐과 폴리에틸렌의 플라스틱 防蝕材料가 실용화된 이래 금속 시즈에 의한 고장은 일반 線路에서는 거의 없어졌다.

그러나 주로 일반수용가공장내 간선용 케이블에서는 흰개미, 쥐에 의한 蝕害, 약품과 열에 의한 열화, 제 3자 공사에 의한 손상과 지반변동 등에 따라 防蝕機能을 상실하는 일이 있다. 이런 고장을 미연에 검지하는 방법으로는 活線狀態 또는 계속적으로 防蝕層의 절연저항을 측정 감시하는 방식이 개발되어 이미 실용화되고 있다.

그림 4는 2回路用의 예를 가리킨다. 상시에는 금속 시즈의 일단(또는 양단)을 직접 접지해 두고 측정시에만 금속 시즈는 대용량 蓄電器를 거쳐 접지된다. 이 때문에 측정시 交流的으로는 충분히 낮은 임피던스로 대지와의 접속이 계속되고 있지만 直流的으로는 대지에서 뜬 상태가 된다. 이런 상태에서 蓄電器와 병렬로 삽입된 직류 전원 내장의 絕緣抵抗計로 금속 시즈와 대지간의 저항을 측정하는 것이다. 측정회로 전원은 6~12V의 乾電池 또는 정전압장치를 사용한다.

이 감시방식의 종류는 防蝕層의 절연저항을 活

線상태로 정기적으로 측정해 그 값의 변화상태를 보고 健全性을 체크하는 수동식과 防蝕層을 통해 흐르는 漏洩電流를 일정간격으로 자동 측정해 이 電流가 어떤 값을 초과했을 때 경보를 발신하는 자동식이 있다.

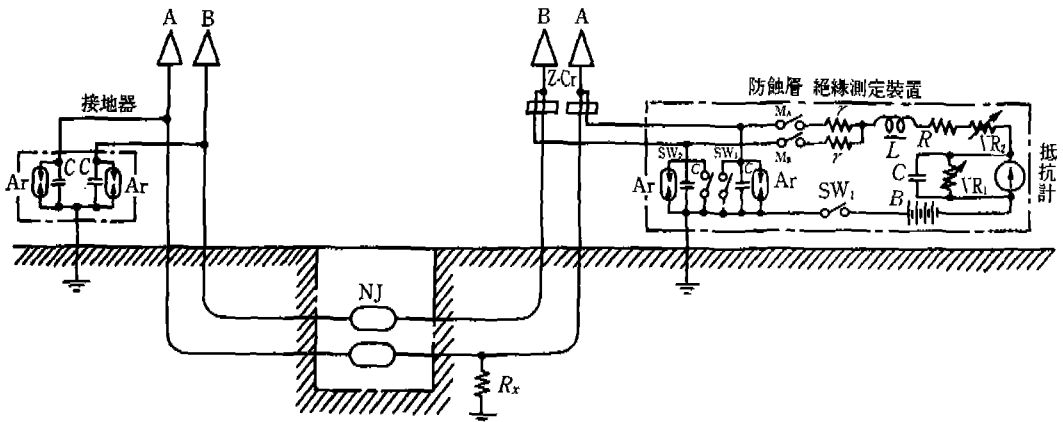
### 3. 고장점의 標定

OF 케이블 계통에 있어 만일 전기파괴 사고나 漏油가 발생했을 때의 고장점 標定方式은 여러 가지가 있다. 토목공사를 할 때 외상을 입은 것은 루트를 따라 이상유무를 조사하면 조기 발견할 수 있다. 케이블 회로를 이용한 절연파괴 사고점과 漏油點의 標定法에 대해 과거의 대표 예와 최근의 새로운 기술을 소개한다.

#### (1) 絕緣破壞個所의 標定

OF 케이블의 경우 사고양상에 따라 사고점의 接地抵抗値가 다르며 표 4와 같은 각종 방식이 채용되고 있다.

여기서는 일반적으로 잘 이용되는 高壓 마아레 루프法과 표 4에는 없지만 최근 개발, 실용화되고 있는 새로운 방식의 標定法(SEEK-X라 함) 그리고 事故點 自動標定法에 대해 그 원리 등을 설명



<그림 4> 防蝕層 絕緣監視裝置 回路圖

< 丑 4 > 絶緣體 故障點 標定法

事故狀態	地絡抵抗		
	低抵抗 (數 kΩ 이하)	高抵抗 (數 M-Ω)	
1 線地絡	마아레루프法	高壓마아레루프法	
2 線地絡	"	"	
3 線地絡	並行回路 없음	送信形 펄스法 放電檢出形 펄스法	送信形 펄스法 放電檢出形 펄스法
	並行回路 있음	마아레루프法	高壓마아레루프法
2 線短絡	"	"	
3 線短絡	送信形 펄스法 放電檢出形 펄스法	送信形 펄스法 放電檢出形 펄스法	送信形 펄스法 放電檢出形 펄스法
	靜電容量 브리지法	靜電容量 브리지法	靜電容量 브리지法

한다.

(a) 高壓 마아레루프法

OF 케이블과 같은 비교적 고저항 접지사고인 경우에도 直流高電壓을 인가함으로써 접지저항을 내릴 수 있는 경우가 있다. 이와 같을 때는 그림 5에 가리키는 바와 같이 直流高電壓을 사용함으로써 간단히 사고점을 측정할 수 있다.

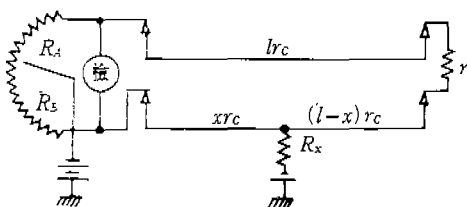
측정회로에서 브리지의 평형을 취하면 사고점은 다음 식으로 간단히 계산할 수 있다.

$$R_A \cdot xrc = R_B \{ l \cdot rc + (l-x)rc + r \} \quad (11)$$

(11)식에서

$$x = \frac{R_B(2l \cdot rc + r)}{rc(R_A + R_B)} = \frac{2R_B}{R_A + R_B} \left( l + \frac{r}{2rc} \right) \quad (12)$$

과거의 測定例에서는 오차가 약 1%였다(케이



< 그림 5 > 高壓 마아레루프法

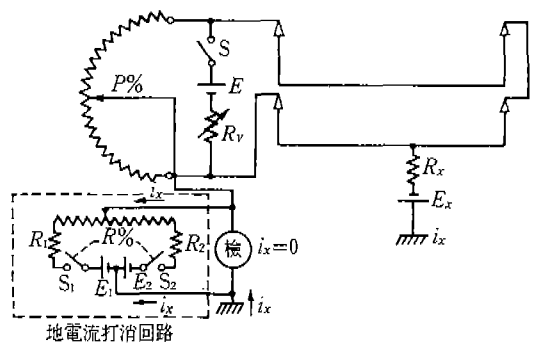
블 全長 약 6,000m, 直流電壓 12,000V, 直流電流 11mA).

(b) SEEK-X에 의한 標定法

본 방식은 마아레루브리지의 檢流計와 電源의 위치를 서로 바꾼 인버티드타입 브리지를 이용한 것이다. 인버티드타입의 이점은 電源에서의 출력이 낮은 값의 도체로 이루어진 루프 회로저항과 比例抵抗邊으로 短絡되는 형이 되므로 고전압 전원이 필요치 않고 乾電池로도 標定할 수 있는 것이다. 그러나 이 방식은 케이블 고장점에 발생하는 局部電池 Ex에 의해 측정이 불가능해지기 때문에 과거에는 실용화되지 못했다. SEEK-X는 이 Ex를 없애는 회로를 붙여 상기 결점을 해결하고 그 이점을 살릴 수 있게 된 새로운 標定器이다.

원리도는 그림 6과 같으며 조작은 다음과 같이 한다.

- (i) S를 “開”로 하고 S1, S2(連動)를 “閉”로 하여 可變抵抗 R를 조정해 檢流計의 判讀을 零으로 한다(이 조작에 따라 局部電池 Ex에 의한 地電流 ix는 消去된다).
- (ii) S를 “閉”로 하고 可變抵抗 P를 조정해 檢流計의 判讀을 零으로 한다(이 조작은 마아레루프법과 같음). 이때 P%의 判讀이 측정단 말에서 사고점까지의 거리비에 해당한다. 精度는 고장점 저항이 1MΩ 정도이면 최대한



< 그림 6 > 인버티드브리지를 利用한 새로운 事故點 標定法(SEEK-X)

0.25%까지 기대할 수 있다.

이상 케이블 절연체의 故障點 標定法을 소개했지만 防蝕層의 고장점에 대해서도 그 원리는 같다. 防蝕層만의 고장인 경우는 고장상 도체로서 금속 시즈를 사용하고 歸線 도체로서는 심선 또는 인접하는 다른 상 케이블의 금속 시즈를 이용하면 된다.

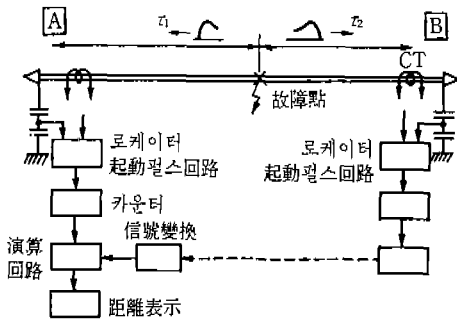
(c) 사고점의 自動標定法

케이블 계통에서 절연체 파괴사고가 생겼을 때, 발생하는 서지가 케이블 양종단에 도착하는 시간차를 측정해 사고점을 자동적으로 標定하는 방법이다. 그림 7에 標定原理를 가리킨다. 선로 건설 후 미리 A, B 사이의 傳播時間  $t_1 + t_2 = X$ 를 측정해 두어 고장시에 생기는 서지 電流의 A, B 양단에 도달하는 시간차  $t_1 - t_2 = Y$ 를 측정하면

$$\left. \begin{aligned} t_1 &= \frac{1}{2}(X + Y) \\ t_2 &= \frac{1}{2}(X - Y) \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

에서  $t_1, t_2$ 를 구할 수 있다.

서지 電流는 양단의 CT로 검출돼 그 서지 신호에 의해 상시 양단에서 同期 작동하고 있는 카운터가 정지한다. A측을 母局이라 하면 B측 카운터의 표시는 신호 변환돼 다른 신호 전송회선으로 母局에 전송되어 카운터 A의 표시와 비교하고 그 차에 따라 고장점까지의 거리를 演算하여



<그림 7> 事故點 自動標定の 原理

디지털 표시기와 타이프라이터로 거리를 표시한다. 고장이 발생했을 때 순시에 고장점을 標定할 수 있고 일본 東京電力에 275kV 파이프형 OF 케이블 선로에 동 방식을 이용한 장치가 설비화되어 있다.

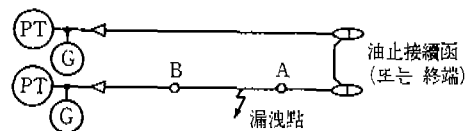
(2) 漏油點의 標定

OF 케이블의 漏油點 검출법에 대해 오래전부터 각종 방법이 생각돼 왔지만 최근에는 새로운 開發例는 없는 것 같다. 주된 방법으로는 凍結法, 油壓法, 流量法, 差壓法, 브리지法, 比較法이 있다.

漏油點 標定の 포인트는 케이블 자체의 온도 변화시에 발생하는 기름의 팽창 수축에 의한 油流와 漏油에 의한 油流를 분리하는 것이며, 漏油量이 작을수록 어려워져 精度도 나빠진다. 상기 각 방법중 代表例를 간단히 소개한다.

(a) 凍結法

그림 8에 가리키는 바와 같이 漏油線과 健全線을 油止 接續函 또는 他端에 연결한다. 단말부에 측정용 소용량 壓力油槽(P.T)와 精密壓力 게이지(G)를 접속한다. 먼저 A점(맨홀내 오프세트부 등)을 액체공기(또는 질소)를 사용해 케이블 內油를 凍結시키면, 漏油點을 포함한 A點에서 左側의 압력이 저하한다. A점을 解凍후 B점을 凍結해 같은 측정을 하고 이와 같은 방법으로 AB間의 범위를 좁혀간다. 이 방법은 漏油量이 적어도 확실히 검출할 수 있지만 측정횟수가 많아져 장시간을 요한다. 또 凍結할 때 케이블에 진동을 주어서는 안된다.



<그림 8> 凍結法

(b) 流量法

그림 9에 있어 PT와 각상 케이블 사이의 밸브  $V_A, V_B, V_C$ 를 닫았을 때 각상 流量의 判讀을  $Q_A, Q_B, Q_C$ 라 하면 다음 식에서 漏油點의 거리를 얻는다.

$$(Q_B - Q_A)(2l - x) = (Q_C - Q_A)x \quad (14)$$

$$x = \frac{Q_B - Q_A}{Q_B + Q_C - 2Q_A} \times 2l \quad (15)$$

이 방법에서는 전선 케이블을 이용해 온도변화에 의한 油流의 영향을 제거할 수 있다.

(c) 差壓法

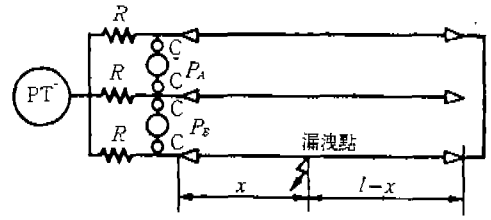
差壓法에는 여러 가지 회로가 있다. 그림 10은 온도변화에 따른 오차를 적게 해 단시간에 측정하는 방법이다.

差壓計의 判讀을  $P_1, P_2$ 라 하면 漏油點까지의 거리  $x$ 는 다음 식으로 구할 수 있다.

$$x = \frac{P_1 - P_2}{P_1} \times l \quad (16)$$

(d) 比較法

이 방법은 漏油點을 포함한 케이블 양단에서



$P_A, P_B$ : 傾斜形 U字管 差壓計 C: 油壓가스 壓變換器  
<그림 11> 比較法

같은 압력을 가했을 때 양단에서 漏油點을 향해 흐르는 油量의 比가 거리의 比에 반비례하는 것을 이용한 것이며, 몇 개의 회로구성을 생각할 수 있다. 단심 케이블이 세 가닥 포설돼 있는 경우의 예를 그림 11에 가리킨다. 이 접속에서 標準流動 抵抗部 통과 후의 각상 압력차  $P_A, P_B$ 를 측정해 다음으로 漏油點까지의 거리를 구한다.

$$x = \frac{P_B - P_A}{P_A + P_B} ls + \frac{2P_B}{P_A + P_B} l \quad (17)$$

( $ls$ : 標準流動抵抗  $R$ 의 케이블 相當長)

이 방법도 온도변화의 영향을 받지 않는다.

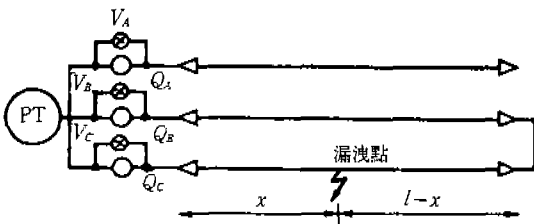
이 방식을 사용한 實線路(선로길이 2,480m)에서의 模擬漏洩 시험은 0.6l/日의 漏油에 대해 오차 1% 이내의 檢출이 가능하다고 한다.

#### 4. 맺음말

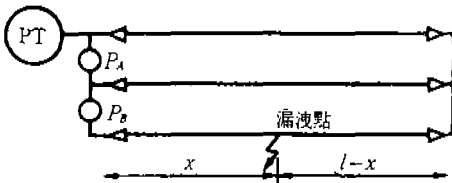
이상 전력회사나 공장에서 基幹線으로 사용되고 있는 OF 케이블의 고장진단에 관해 일상의 고장진단 기술과 고장이 발생했을 경우의 고장점 포정기술의 대표적인 방법을 소개했다.

금후의 OF 케이블 보수기술을 논할 경우 점점 대용량화되는 線路의 고신뢰성을 유지하기 위한 「早期에 고장을 豫知하는 기술」과 선로설비 규모의 대형화와 설비수의 증가에 따른 「신속한 고장 발견과 고장개소의 標定技術」 및 「고장개소의 早期復舊技術」이 포인트이고 豫知 또는 標定關係에는 전자기술의 응용 등에 의해 自動化, 省力화가 이루어질 것으로 생각된다.

☞ 다음 호에 계속



<그림 9> 流 量 法



<그림 10> 差 壓 法