

# 電氣設備의 트러블 對策

## 7

### 제 2 장 트러블機器의 內部診斷 테크닉

#### II. 가스 絶緣機器의 內部診斷 테크닉

가스절연기기는 高壓充電部가 접지된 밀폐용기에收納되기 때문에 설치환경으로 기인되는 汚損이나 劣化는 없고 본질적으로 높은 신뢰성을 가지고 있다. 그러나 전력의 안정공급을 위해서는 만일의 우발적인 고장에 대한 예방이 필요하다. 또, 機器를 정지시키지 않고 운전상태에서 整備하는 것이 요망될 경우, 또한 운전 유지보수의 合理化를 도모할 필요가 있을 경우 및 分解點檢하는데 따른 새로운 트러블발생을 방지하는 것 등의 니즈로부터 될 수 있으면 간단히, 보다 정확한 機器의 內部診斷方法이 요망되고 있다.

여기서는 가스絶緣開閉裝置를 중심으로 현재 개발되고 있는 內部診斷方法 및 그 技術內容을 구체적인 例들 들어 소개하고자 한다.

#### 1. 內部診斷의 方法

가스절연 開閉裝置는 密閉되어 있어서 外氣의 영향을 받지 않는 양호한 환경하에 있기 때문에 그 신뢰성은 매우 높다고 한다. 현재까지 10여년에 걸친 운전실적이나 點檢結果에서도 중대한 고장으로 연결되는 劣化要因은 나타나지 않고 있다. 그러나 매우 드문 일이긴 하지만 우발적인 고장요인이 잠재할 가능성도 있으므로 만일의 고장발생을 그 前兆現象의 단계에서 정확히 검출하여 트러블을 미연에 방지하는 것이 필요하다.

특히 가스절연 개폐장치는 내부가 보이지 않는다는 점 集積小形化되어 있기 때문에 통상 외부로부터의 점검으로 발견할 수 있는 微細한 現象(例로서 풀, 냄새 등)을 정확히 파악하지 않으면 만일의 故障에 대한 긴급성이나 原因究明이 불명확하게 되고 그 停止範圍가 확대되는 결과가 된다. 이 미세한 현상을 외부로부터 感知, 位置의 限定, 發生原因의 追求, 긴급정도의 판정 수단으로서 여기에서 소개하는 內部診斷技術이 驅使될 수 있다. 이 결과에 의하여 分解의 여부나 범위를 한정하게 된다.

그림 1에 가스절연개폐장치에 있어서 보통 外部점검으로 발견할 수 있는 微細한 現象의 例와 이에 대응하는 內部診斷技術의 適用例를 나타내었다.

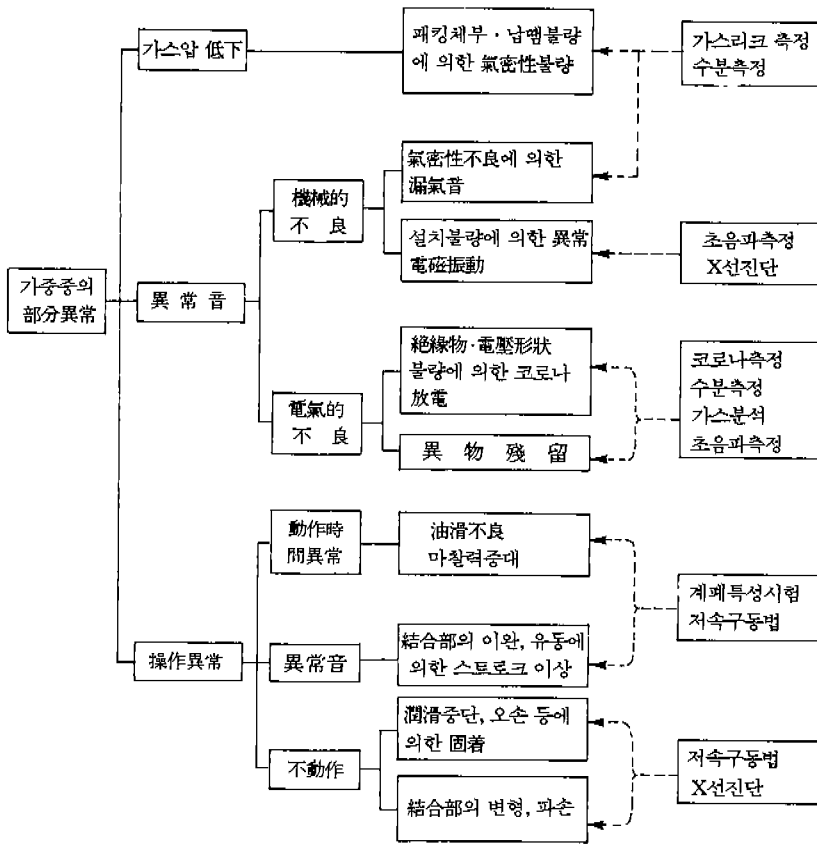
#### 2. 코로나(Corona) 檢出에 의한 診斷

가스절연기기의 경우 大氣絶緣과 달리 그 절연설계는 봉입되어 있는 SF<sub>6</sub> 가스의 절연특성을 최대한으로 이용하여 定格가스壓(보통 3~4 kg/cm<sup>2</sup> g)에 있어서 常時運轉電壓의 無코로나를 기준으로 하고 있다. 따라서 이 절연성능을 확인하는 것, 또는 절연성능의 劣化程度를 아는 것은 매우 중요하다. 일반적으로 가스절연기기의 절연과피는 먼저 局部的인 微少코로나에서 시작되고 그 部分의 절연물 등이 서서히 劣化하여 최종적으로 全路破潰에 이른다. 이 微少코로나를 검출하는 장치로는 검출방식이 다르므로 絶緣스케이서법, 外被電

정상 定期點檢으로  
발견될 수 있는 現象

요 인

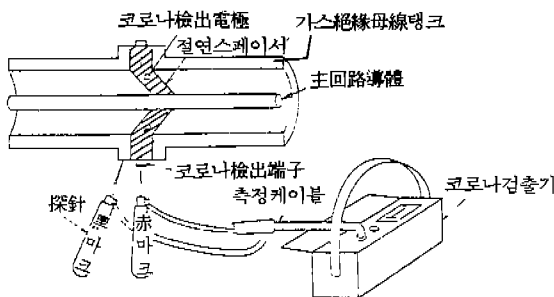
原因究明을 위하여  
적용할 수 있는  
내부 진단기술



〈그림 1〉 内部診斷技術의 適用例

極法 및 접지선커플링(Coupling)법 등이 있다.

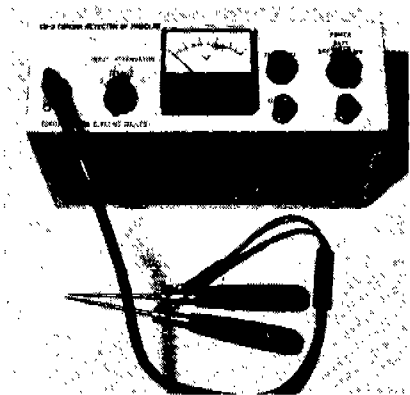
여기에서는 비교적 용이하게 취급된 절연스페이서 (Spacer)법에 관하여 설명한다. 절연스페이서법의 측



〈그림 2〉 코로나檢出器에 의한 測定

定原理는 그림 2에 나타난 바와 같이 가스 절연기기의 内部導體를 지지하는 절연스페이서를 이용하는 方法이다. 그림과 같이 가스절연기기의 外被容器(탱크)間에 절연스페이서가 共締된 構造이기 때문에 이 절연스페이서의 내부에 檢出電極을 매입하고, 그 外周의 檢出端子에 導出되어 있다. 이것을 檢出端子 스페이스라 부르고 이 檢出端子에 그림과 같이 코로나檢出器의 測定用 探針의 한쪽을 접속하여 다른쪽을 接地電位의 탱크플랜지부에 접속시켜 檢출되는 코로나펄프를 指示計로 判讀한다. 그림 3은 코로나 檢出器의 外觀이다.

이 코로나檢出器는 測定用探針으로 코로나펄스 入力을, 外部노이즈의 영향이 적고 感度가 좋은 400 kHz



〈그림 3〉 코로나 검출기의 외관

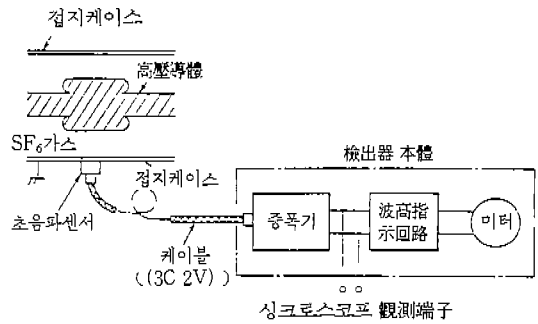
정도의 中帶域에 同調시켜 등록하고 그 包絡線 펄스의 波高値를 電壓으로 지시한다. 檢出程度는 外部노이즈가 없는 조건에서 數PC이다.

또, 이 檢出端子로부터의 出力을 오실로스코프(Oscilloscope)에 접속하는데 따라 코로나波形을 觀測할 수도 있다.

### 3. 가스中の 異物檢出

절연특성을 저하시키는 원인으로서 탱크내에 導電性 物質이 混在된 경우가 고려된다. 課電中에 가스絶緣器 內에 작은 금속성물질이 존재하면 그 異物은 탱크내 벽 면에서 適用周波數의 電界에 대응하여 운동한다. 예를 들어 직경 1.6mm, 길이 15mm의 알루미늄선을 50mm 갭의 평등한 電界중에서의 實驗에서는 45~53kV로 浮上한다. 이 때 운동하는 異物이 탱크에 충돌하여 微弱한 超音波를 발생시킨다. 이 超音波에 의한 탱크에의 彈性波를 관찰하면 異物이 검출된다. 또 일반적으로 가스絶緣개폐장치는 플랜지로 탱크를 결합하여 구성한다. 超音波는 이 플랜지간의 미소한 갭으로 反射되어 옆의 탱크에 전파하지 않기 때문에 超音波原, 즉 異物이 있는 위치를 標定할 수 있다.

가스絶緣機器用的 초음파검출기는 上記의 초음파를 측정하는 장치로서 개발한 것이다. 측정원리는 그림 4와 같이 超音波센서를 탱크外面에 密着시켜 檢出하고,



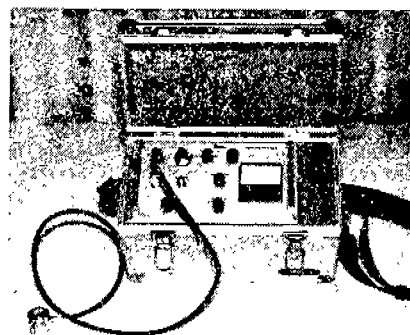
〈그림 4〉 超音波檢出의 原理圖

감지한 電氣信號를 증폭기를 통하여 波高指示回路에 접속하여 檢出信號의 最大置를 일정시간 유지시켜 이 값을 미터로 표시하는 방법이라고 한다.

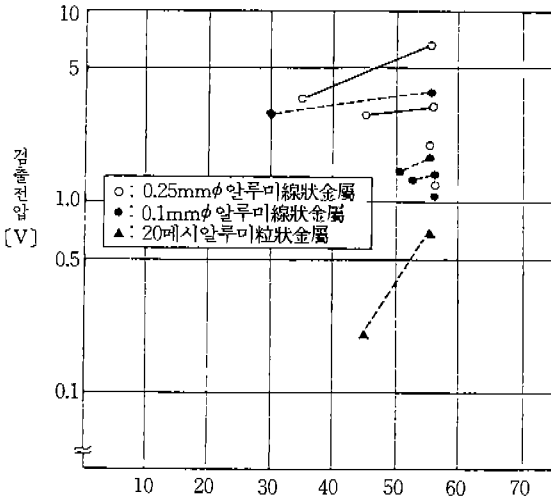
測定上의 주의로서는 일반적으로 金屬異物은 탱크의 下部에 모이는 성질이 있기 때문에 탱크의 底部에 센서 (Sensor)를 밀착시켜 측정하는 것, 또는 탱크가 원통형이기 때문에 센서부와 탱크와의 사이에 빈틈이 생기지 않도록 접속시키는 것 등이다.

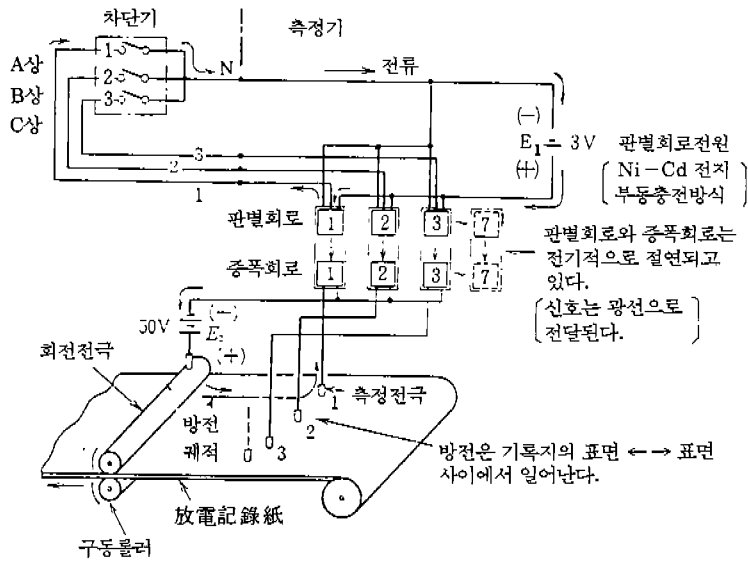
그림 5에 超音波檢出器의 外觀, 그림 6에 가스絶緣母線의 內部에 고의로 알루미늄線狀金屬을 넣어 實測한 결과를 나타내었다.

또한, 가스絶緣개폐장치는 통상 고도의 防音室로 組立되어 所定の 耐電壓試驗을 실시하므로 기본적으로 이와 같은 超音波測定을 할 필요는 없다고 생각된다. 즉, 만일 필드(Field)에서 이상을 혹은 코로나 등이 검

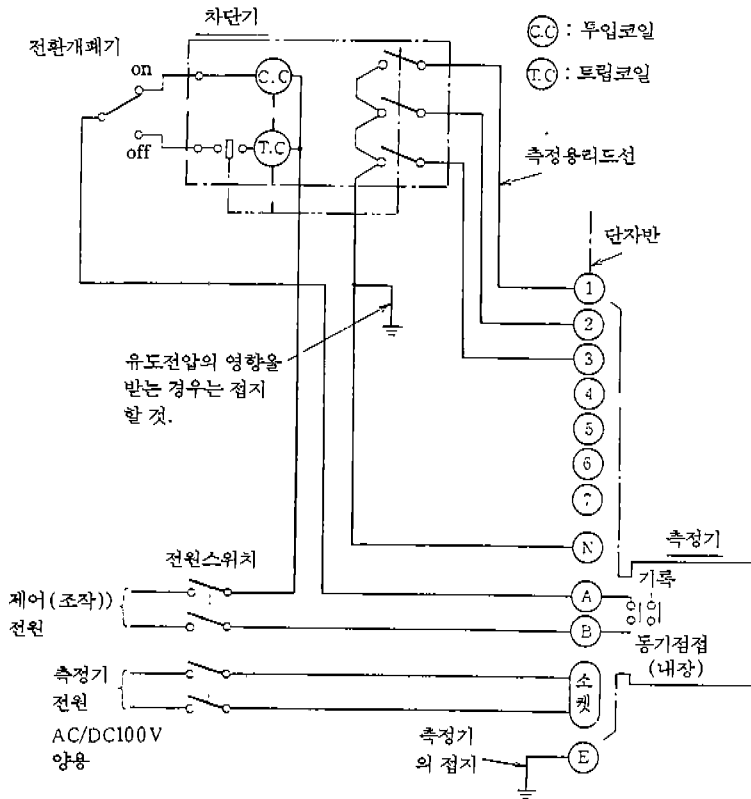


〈그림 5〉 超音波檢出器의 外觀

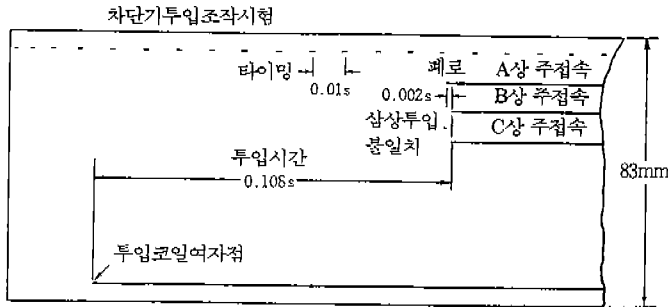




〈그림 9〉 時間測定器 測定原理圖



〈그림 10〉 時間測定の 接續回路例



〈그림 11〉 시간측정기록결과

作時間 등 短時間의 現象을 신속, 精確하게 측정하고 그 記錄이 직접 이어지는 放電記錄式의 時間測定器이다. 形狀은 그림 8 과 같이 小形輕量으로 휴대에 편리한 구조로 제작되었다.

測定原理는 半導體回路에 의한 開閉判別回路와 放電記錄紙를 사용, 차단기접점의 개폐현상을 그 기록지에 기록하게 하는 것으로 기록지를 一定速度로 이동시켜 차단기접점의 開閉現象을 黑線의 發生, 消滅로 기록한다.

測定原理를 그림 9 에 나타내었다. 이 그림은 차단기 主接點(SF<sub>6</sub> 가스中) 등의 3 極單投接點이라던 어떠한 機器에도 적용할 수 있다. 여기에서 차단기 1의 접점(A相)을 예로 설명하면 1의 接點이 閉일 경우, 判別回路의 電流는 電源 E<sub>1</sub>(+) → 判別回路 ① → 接點 1을 흘러 E<sub>1</sub>(-)에 돌아온다. 이때 判別回路 ①에 의한 判別結果는 → 의 表示光線에 의하여 增幅回路 ②에 전달 增幅되어 放電記錄이 된다. 記錄은 검은 放電흔적으로 표시된다. 접점 2~3에 관하여도 동일하게 측정할 수 있다.

그림 10 에 차단기의 投入, 開極時間測定時의 측정기와 차단기와의 구체적인 回路構成을 나타내었다. 측정기 A, B 端子의 同期接點을 이용하여 投入코일 또는 引放코일을 勵磁하여 차단기에 操作指令을 入力하면 동시에 기록된다. 이에 의한 測定記錄結果(Oscillogram)의 一例를 그림 12 에서 보여준다.

記錄紙上의 最上部에 타이밍표시가 되어 次段 이하의 接點入力端子 1~7의 開閉記錄을 最下段에 A, B 端子의 同期接點을 記錄할 수 있도록 되어 있다. 타이밍

은 0.01s와 일정한 水晶發振펄스로 기록되는데 記錄紙의 스피드(Speed)는 0.2~1.2%로 無段變速되어 있어 高速인 차단기, 개폐시간으로부터 電動操作方式의 低速斷路器 등의 그것까지 용이하게 측정할 수 있다.

異常有無의 判정은 機器 고유의 特性에 차이가 있으므로 平常시 點檢時 등에 時間特性 데이터를 축적해 두고 각 데이터를 相對比較하여 진단하는 것이 바람직하다. 특히 開閉特性은 기기의 操作전압, 操作압력 및 操作빈도 등의 조건에 영향을 받으므로 종합적으로 판단하는 것이 좋다.

또한 遮斷器 등의 高速動作 또는 高度驅動力 機器의 開閉驅動系의 正상이 아닌 마찰 등을 외부에서 診斷할 수 있는 저속구동법도 개발되어 있지만 여기서는 생략한다.

## 6. X線 診斷法

가스 絕緣機器를 분해하지 않고 導體의 접속상태, 可動電極의 소모정도 등을 관찰할 수 있으면 내부구조의 확인 또는 기계적인 異常을 발견할 수 있다. 전기기기에 대한 비파괴검사의 대표적인 方法으로 X線診斷이 종래부터 이용되고 있으며 가스 絕緣機器에도 적용할 수가 있다.

원리는 人體의 胸部 X線撮影과 동일하다. 즉 X線은 波長이 극단적으로 짧기 때문에 物質을 투과하는 성질을 가지고 있으며, 일정한 강도의 X線을 機器에 照射하면 내부 구조물의 형상 또는 材質에 따라 X線의 吸收에 差가 생기므로 투과후의 線量은 部位에 따라 변화

한다. 이 투과사진을 撮影하여 映像을 해석. 여러 가지 情報를 얻어 機器 内部의 상태를 진단하는 方法이다.

X線診斷을 변전소 등의 現地에서 실시하는 경우는 機器 주위에 架臺 등과 같은 구조물이나 탱크 플랜지 등이 있어 撮影의 제약조건이 되기 때문에 畫質이 좋은 사진을 취하거나 진단하기가 용이하지 않다. 따라서 X線診斷을 실시하는데 있어서는 사전에 撮影部位의 주위상황을 잘 조사하고 치밀한 계획을 세워야 한다.

일반적으로 가스 絶緣機器의 X線診斷은 기기의 구성이 복잡하며, 소형, 경량의 X線장치가 적합하다. 그림 12에 X線장치의 예를 든다. 이 휴대식 X線장치는 小形 輕量으로 제작된 것으로서 管電流가 일정하고 또한 촬영거리도 제약이 있기 때문에 管電壓과 노출시간을 콘트롤하게 된다. 診斷限度는 기기의 촬영 장소에 따라 조건이 상이하기 때문에 일괄적으로 결정할 수는 없지만 被診斷部가 있는 탱크 板두께 9mm 정도의 鋼制容器 안이 그리 복잡한 구조가 아니면 0.5~3mm 정도의 變化에 대해서 진단할 수 있다.

X線診斷이 가능한 항목을 열거하면 다음과 같다.

- (i) 機器内部의 導體 등의 變形 및 破損
- (ii) 内部 볼트 등의 締結部分 이완

(iii) 차단기, 단로기 등의 接觸部の 접촉상태 및 開極狀態

(iv) 可動接觸子 등의 소모상태

(v) 기기 내부에 사용되고 있는 스프링(Spring), 핀(Pin) 등의 裝着狀態

그리고 촬영시의 安全에 대해서는 電離放射線 障害 防止規則에 정해진 것을 지키고, 假設管理區域을 설치, X線作業 책임자의 지휘에 따라 실시하면 문제가 없다.

\* \* \*

이상과 같이 絶緣開閉裝置의 내부진단기술에 대해서 몇 가지를 소개하였다. 그러나 가스 絶緣機器는 密閉化 때문에 본질적으로 높은 신뢰도를 가지고 있어 이들 내부진단기술을 常時 사용할 필요는 없으며, 운전중이나 정비점검시에 만일의 이상이 인정되는 경우에 보다 精密한 진단방법으로 不定期的으로 사용되고 있다. 또 이들 器具는 일반적으로 필드에서 간단히 사용할 수 있도록 小形, 輕量化되어 취급이나 수송이 용이하게 되어 있다.

한편, 이들 内部診斷技術의 몇 가지는 센서 技術의 고도화, 日렉트로닉스(Electronics) 技術의 향상과 함께 自動監視 시스템화되는 경향이 있다.

