

電氣設備의 診斷技術

(14)

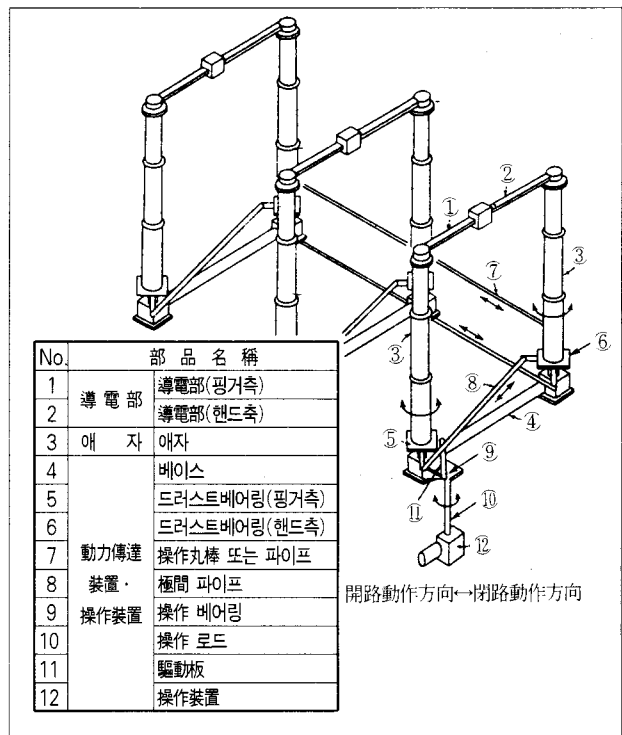
第 2 編 應 用

2.6 斷路器

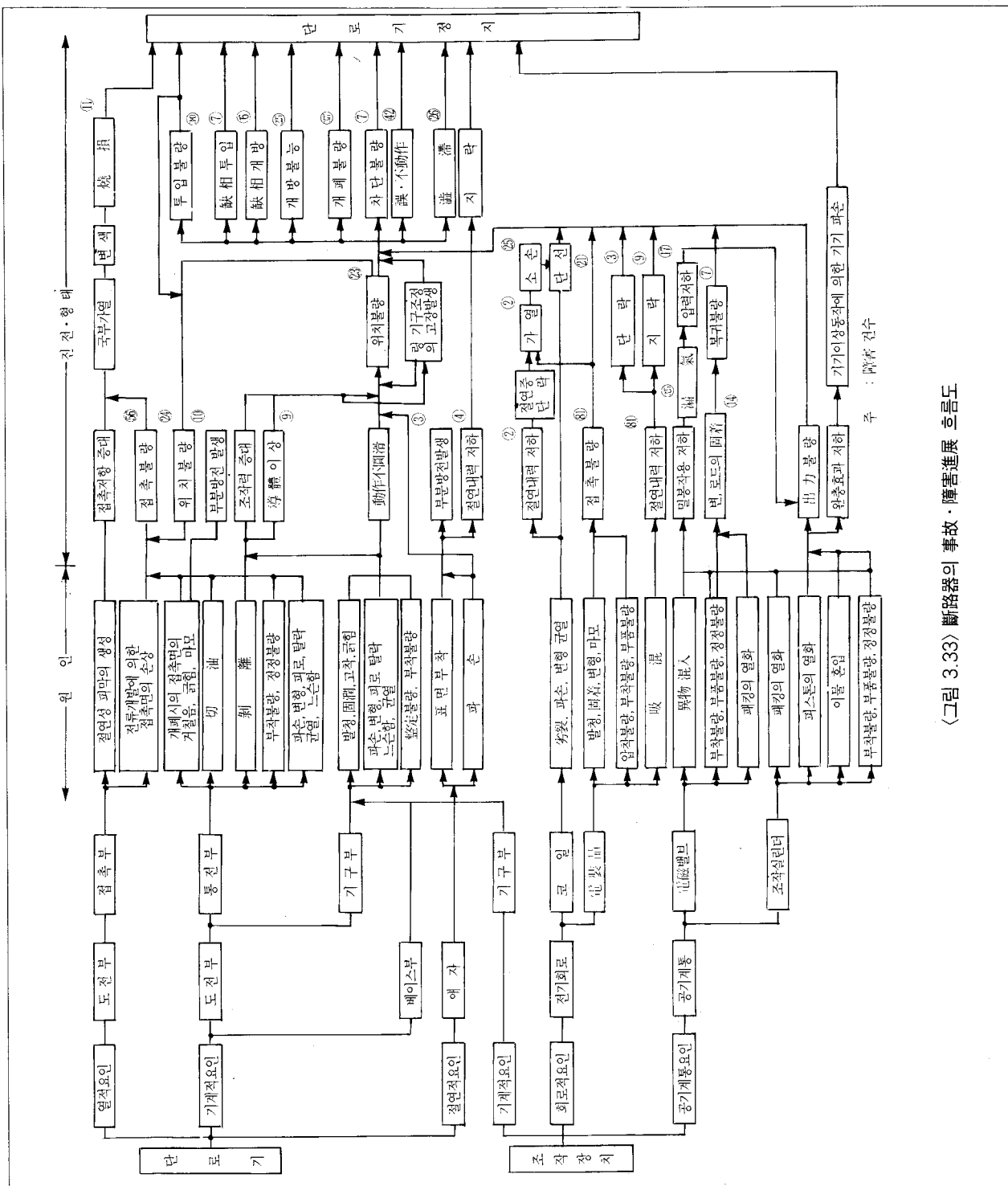
斷路器는 단순히 充電된 電路를 開폐하기 위하여 사용되고 부하전류의 開폐는 하지 않는다. 구조상으로는 본체부분과 조작장치부분으로 대별되며 기능면에서는 통전기능으로서의 導電部, 절연기능으로서의 애자, 開폐기능으로서의 동력전달장치와 조작장치에 의하여 구성되어 있다. 一例로서 그림 2.32에 水平一點切形斷路器의 구조를 나타내었다.

단로기는 다른 전력기와 달리 접촉부나 주요기구부가 옥외로 노출되어 밖에서 보이기 때문에 默視點檢을 하는데는 정비하기 쉬운 機器라고 한다. 반면에 이것은 通電部, 기구부 등이 외부환경, 예를 들어 각종 腐蝕性가스, 雨水, 積雪, 濕氣, 분진 등의 영향을 받기 쉬운 것을 의미한다.

따라서 외부요인에 의한 열화현상과 機器고유의 요인에 의한 이상현상을 정확히 포착하여 효과적인 정비점검을 실시해가는 것이 중요하다. 이하에 단로기의 사고·장애 및 그 진단메커니즘과 현재 및 장래에 있어서의 진단기술에 관해서 기술한다.



〈그림 2.32〉 水平一點切形 斷路器의 構造



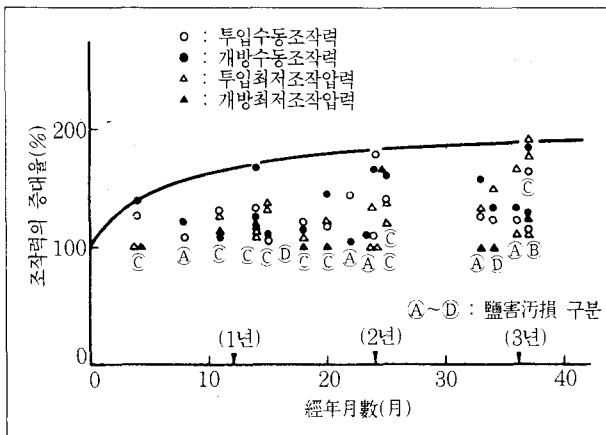
〈그림 3.33〉 斷路器의 事故 · 障害進展 흐름도

기술연재

2.6.1. 異常進展 메커니즘

단로기의 이상진전 메커니즘을 그림 2.33에 나타내었다. 그림에서는 장해건수를 그 양상별로 ○안에 숫자로 표시하였다. 이에 의하면 각종 원인으로부터 파생되는 異常은 그 대부분이 장해·사고에 이르기 前段階에 있어서 局部過熱 혹은 소요조작력증대, 개폐특성(스트로크, 동작시간)의 변화를 나타낸다. 따라서 이들 변화는 빨리 파악하는 것이 중요하다.

먼저 국부과열의 원인중 하나인 각종 부식성 가스에 의한 절연성피막의 生成은 變色으로 나타낸다. 이 가운데 염소가스에 의한 鹽化銀皮膜은 저항률이 특히 크고 과열에 이르기 쉽다. 또 소요조작력에 대해서는 그림 2.34에 표시한 데이터에서 보는 바와 같이 일반사용상태에 있어서도 經年에 따라 소요조작력이 증대하는 것을 알 수 있다. 이에 의하면 증대율은 2배 정도, 증대경향은 2~3년에서 飽和傾向을 나타내고 있다. 이러한 것에서 所要操作力の 증대가 2배를 대폭 상회하면 무엇인가 이상이 발생하고 있다는 것을 생각할 수 있다.



(그림 2.34) 操作力の 經年増大率

2.6.2 機器의 事故·장해실적과 分析

단로기의 고장을 분석하면 다음과 같다.

發見動機別로 보면 장해의 56%는 조작을 해 봄으로써 발견되고 15%는 일상순시로 발견되어 정밀순시를 포함하면 巡視로 발견되는 것이 전체의 23%이다. 部位別로 보면 조작장치의 공기계통에서 전체의 21%, 조작장치의 電裝品系統에서 21%, 通電部에서 20%, 베이스부(동력전달장치부 포함)에서 16%이다.樣相別 또는 漏氣, 개폐동작불량, 접촉불량, 국부과열, 파손의 순으로 되어 있다. 이것이 점검진단을 행하는 키포인트가 된다.

2.6.3 診斷技術

1. 整備點檢의 現狀

정비점검의 상세한 내용은 2.1節의 概論에 기술한 바와 같다. 現狀으로는 순시점검에서 과열, 변색, 변형, 파손, 발청, 漏氣, 투입·개폐상태 등의 확인을 인간의 五感으로 主體의으로 행하고 있다. 보통점검은 外部의 인만점검과 조작장치 내부의 점검과 손질이지만 접촉부의 손질은 특히 중요한 항목이다.

현지에서의 개폐시험을 포함한 각종 시험도 실시하고 이들 데이터 장치시의 값 또는 前回點檢時의 값과 對比함으로써 이상의 유무를 판단할 수가 있다. 또 정밀점검에서는 분해점검이 주로 이루어지고 있다. 이때 配管類의 교체도 행해지고 있다. 配管에는 樹脂製와 고무製가 있으나 고무제는 경년열화를 하기 때문에 6~12년에 1회의 교체가 행해지고 있다. 고무의 수명에 주는 영향 등에 대해서는 2.2節 가스絶緣機器의 項에서 나타낸 바와 같이 高濕에 노출되기 쉬운 경우에는 주의를 요한다.

2. 診斷技術의 現狀

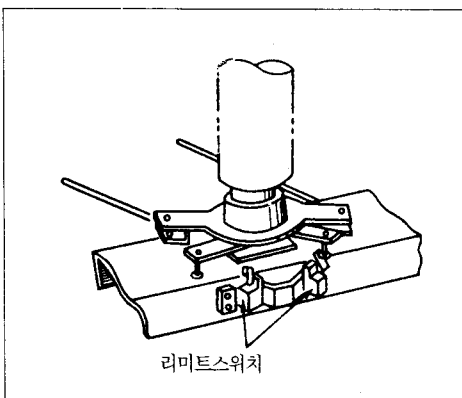
각종 원인으로 파생되고 있는 異常은 그 대부분이 장해·사고에 이르는 전단계에 있어서 국부과열 혹은 개폐특성의 변화로서 나타나는 것은 이미 기술한 바와 같다. 따라서 진단도 이의 변화를 보는 것을 主體로 하여 실시되고 있다. 더욱이 단로기는 설치대수가 많고, 외부로부터 쉽게 진단할

수 있는 것들에서, 現狀을 자동감시가 아니라 정비점검시 현지측정하는 방법이 취해지고 있다.

a. 通電性能異常의 診斷 : 이상에 의한 국부과열을 접촉자 근처에 붙여놓은 서모라벨에 의하여 觀測하는 방법이 폭넓게 행해지고 있다. 또 過熱部에서 발생하는 적외선을 받아 온도레벨을 離隔하여 측정하는 적외선을 이용한 장치가 있다. 대표적인 것으로 望遠스코프方式과 TV카메라方式 등이 있다.

b. 開閉性能異常의 診斷 : 단로기는 통상 정지상태에 있기 때문에 동작시의 이상을 예측진단하는 것은 곤란하지만 이것은 중요한 진단항목이다. 그래서 개폐시의 動作特性變化를 포착하여 이상을 판단하는 방법이 취해지고 있다. 개폐동작특성의 변화를 보는 방법으로서는 현지에서 밀리세컨드카운터 또는 電磁오실로그래프에 의한 動作時間의 측정, 수동핸들봉과 스프링만으로 하는 수동 조작력의 측정, 특수 3방밸브를 이용한 최저동작압력측정, 전압을 변화시키는 최저동작전압측정 등이 실시되고 있다.

한편 동작완료를 확인하는 방법으로서는 조작장치의 보조 개폐기에 의한 방법에 덧붙여 블레이드와 일체로 움직이는 回轉碍子에 설치된 리미트스위치에 의하여 보다 직접적으로 동작완료를 확인하는 動作確認裝置도 자동감시로서 폭넓게 이용되고 있다. 그림 2.35에 그 개념도를 표시하였다.



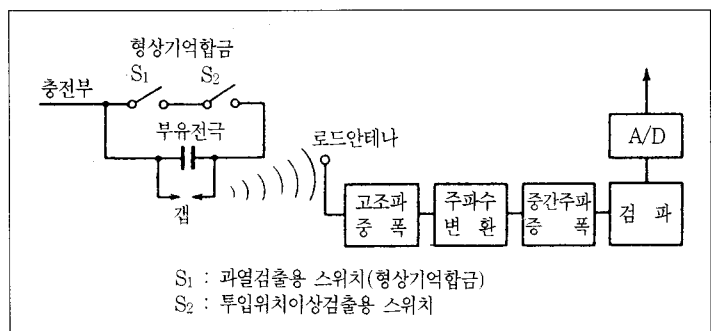
<그림 2.35> 動作確認裝置 概念圖

3. 將來的 診斷技術

이상에서 기술한 단로기의 특성을 고려한 진단기술에 있어서 앞으로의 과제는 ① 이상징후를 예측할 수 있는 데이터의 축적, ② 구조가 간단하고 저렴한 진단방법의 개발, ③ 현상 및 감시부위의 직접감시화에 의한 高信賴度化, ④ 엑스퍼트시스템을 이용한 진단시스템에의 組合을 가능케 하는 자동감시화 등이다. 이들의 과제를 근거로 하여 장래의 진단기술의 일례를 다음에 기술한다.

a. 通電性能異常의 診斷 : 국부과열이나 접촉자의 투입 위치異常을 진단하는 방법으로서 異常過熱時만 放射電波를 발생시켜 그 전파를 受信한다고 하는 그림 2.36에 표시한 방법이 가능하다. 이것은 접촉부에 浮遊電極과 갭(gap)을 만들고 온도변화에 의하여 동작하는 形狀記憶合金製의 스위치 S₁이나 접촉자의 위치관계로서 동작하는 스위치 S₂에 의하여 設定溫度 이상 혹은 投入位置異常이 되었을 때만 浮遊電極이 구성되는 구조이다. 靜電容量分壓에 의하여 축적된 電荷를 갭으로부터 방전시켜 이때의 放射電波를 受信하는 방식이다.

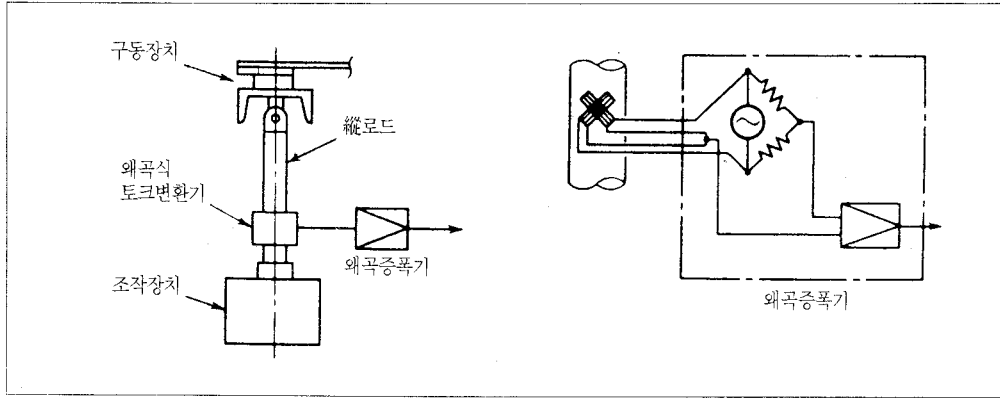
b. 開閉性能異常의 診斷 : 개폐동작특성의 변화를 보는 수단으로서 ① 동작시간 ② 소요조작력특성, ③ 개폐스트로크가 측정항목이다. ①에 대해서는 制御電流의 通電時間으로부터 측정하는 방법을 들 수 있다. ②에 대해서는 그림 2.37에 표시한 變形式 토크變換機의 이용이나 조작장치의 실린더內壓를 압력센서로 검출하는



S₁ : 과열검출용 스위치(형상기억합금)
S₂ : 투입위치이상검출용 스위치

<그림 2.36> 溫度測定回路의 例

기술연재



〈그림 2.37〉 所要操作力測定 回路의 例

간접적 방법 등도 가능하다. 또 ③에 대해서는 스트로크센서를 구동부에 부착하여 측정하는 방법이 있다. 더욱이 개폐특성에 관해서는 異常의 장후를 예측가능케 하기 위하여 특성데이터의 축적과 상기 측정결과를 그 데이터와 대비하고, 點檢週期를 가능하도록하여 얻는 자동감시장치의 개발이 기대된다.

2.7 避雷器

발변전설비를 이상전압으로부터 보호하는 피뢰기는 SiC 소자를 이용한 갭이 달린 피뢰기와 ZnO소자를 이용한 산화연형 피뢰기(갭없는 피뢰기)로 대별할 수 있다.

前者는 SiC소자와 갭을 중첩한 구조로 서지처리후 SiC素子の 非直線性으로 續流를 감소시키고 더욱이 갭으로 차단되고 스스로 복귀한다. 1975년 전반기까지 이 방식의 피뢰기가 주류를 이루고 있었다.

후자는 ZnO素子를 중첩한 단순구조로서 ZnO소자의 우수한 非直線性에 의하여 갭을 不用으로 하고 있다. 일본에서는 1975년경부터 실제계통으로 사용되었고 '70년대 후반에는 신설 피뢰기의 主流를 점하게 되었으며 특히 1980년 중반부터는 신설되는 모든 것이 酸化亞鉛形 避雷器로 되었다(그림 2.38 참조).

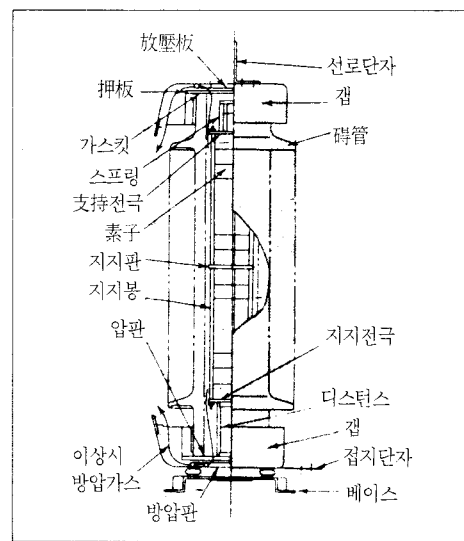
다음에는 여러 가지 피뢰기에 대하여 劣化現象과 診斷技

術, 나아가 앞으로의 과제에 대하여 記述한다.

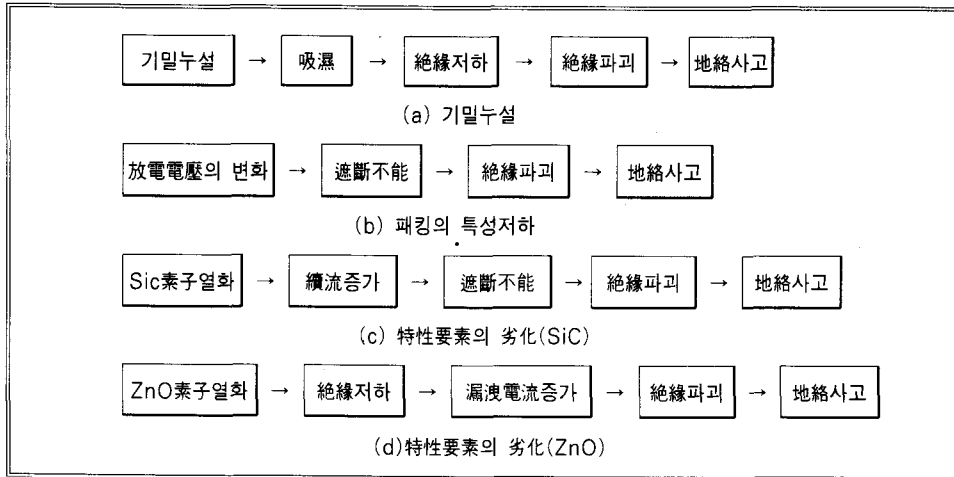
2.7.1 피뢰기의 理想進展 메커니즘

1. 劣化現象의 分析

피뢰기의 열화현상이 어떻게 진전되어 사고로 이어지는가, 갭附避雷器 및 酸化亞鉛形避雷器의 여러 가지에 대하여 대표적인 패턴을 아래에 나타내었다(그림 2.39 참조).



〈그림 2.38〉 酸化亞鉛形 피뢰기의 構造(84kV 定格)



〈그림 2.39〉 避雷器의 事故·障害進展흐름도

a. 갭附避雷器의 劣化現象

(1) 氣密漏洩에 의한 事故·障害로의 進展 : 가스켓 壓縮不足, 磚管의 균열, 放壓板의 부식 등의 原因에 의하여 기밀누설이 발생하고, 吸濕으로부터 絶緣저하를 일으키며, 絶緣파괴로부터 地絡사고에 이르는 패턴이다(그림 2.39(a)).

(2) 갭의 특성저하에 의한 事故·障害로의 進展 : 갭附避雷器 特有의 현상으로서 갭의 특성저하(방전전압의 변화와 絶緣특성의 저하)가 일컬어지고 있다.

課電스트레스, 과대서지, 오손, 흡습 등의 原因에 의하여 갭의 방전개시전압이 변화하고 차단성능저하로부터 事故에 이르는 것을 생각할 수 있다(同 그림(b)).

(3) 特性要素의 劣化에 의한 事故·障害로의 進展 : 많은 回數의 서지흡수, 과대서지흡수 등의 原因에 의하여 續流가 증대하고, 차단불능에 빠져 事故에 이르는 것을 생각하게 된다(同 그림(c)).

b. 酸化亞鉛形 避雷器의 劣化現象

酸化亞鉛形 破괴기는 실용화된지 얼마 안되며, 障害實績件數도 적으나 전기적성능 뿐만 아니라 기밀구조 등의 제조기술도 개선되어 있고 絶緣열화에 대한 신뢰성을 갭附避雷器에 비하여 대폭 향상되어 있는 것으로 생각된다.

(1) 氣密漏洩에 의한 事故·障害로의 進展 : 기밀누설에 의한 진전은 기본적으로 갭附避雷器와 같이 생각할 수 있다(同 그림(a)).

(2) 特性要素의 劣化에 의한 事故·障害로의 進展 : 산화아연형 破괴기 特有의 현상으로서 ZnO素子の 課電劣化가 발생한다. 산화아연형 破괴기는 갭이 없는 구조로 되어 있기 때문에 課電스트레스, 서지스트레스 등에 의해 ZnO소자가 열화하고 누설전류의 증가로부터 絶緣파괴에 이르는 것을 생각할 수 있다(同 그림(d)).

이론적으로는 ZnO소자의 열화가 原因이 되는 事故를 생각할 수 있지만, 실제로는 사용후 십수년이 지난 현재까지도 보고된 것이 없다. ZnO소자의 수명(劣化)은 아직 충분히 해명되지 않고 있으나 여러 가지의 檢討·檢証試驗에 의하여 통상 생각할 수 있는 스트레스에 대하여는 충분한 裕度를 갖는 것으로 생각된다.

2. 避雷器의 事故·障害實績의 分析

전력회사에 대하여 실시한 과거의 事故·障害調査의 결과, 破괴기 장해의 67%가 정기점검에서 발견되었다. 이의 조사결과는 대부분 직렬갭附 破괴기에 관한 것이나 장해건수를 양상별로 분류하면 45%가 絶緣저하, 누설전류 등이

기술연재

며, 20% 정도가 碍管의 균열·파손, 13% 정도가 특성불량인 것을 알 수 있었다.

2.7.2 現行의 診斷技術

1. 整備点檢의 現狀

정비점검의 상세한 내용에 대해서는 2.1 概論에서 記述한 바와 같다.

巡視点檢은 인간의 五感を 주체로 한 外部点檢이고, 보통점검은 절연저항, 누설전류 등의 측정시험이 주체가 되며, 정밀점검은 이상이 발견된 경우에 필요에 따라 방전개시 전압이나 동작개시전압의 측정이 행해지고 있다.

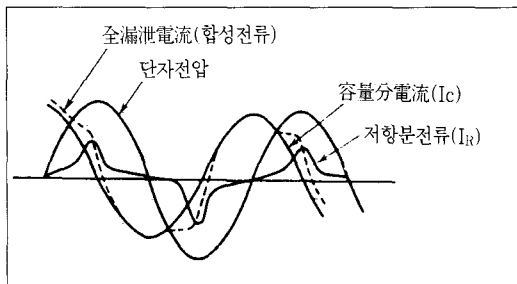
2. 診斷技術

전력계통에 사용되는 피뢰기는 갭附피뢰기와 갭이 없는 산화아연형 피뢰기가 있다. 다음에 여러 가지의 劣化診斷의 現狀을 나타낸다.

a. 갭附避雷器의 診斷

(1) 絶緣抵抗測定 : 피뢰기의 現地試驗으로서 오래전부터 실시되어온 것으로서 일반적으로 1,000MW를 사용하여 직렬갭의 절연특성, 分路抵抗 및 특성요소의 저항치를 측정한다. 碍子形피뢰기와 같이 중첩적인 것은 유닛마다 절연저항을 측정하는 바에 따라 유닛마다의 불량을 판정할 수가 있다.

(2) 漏洩電流測定 : 이 시험은 보통규칙상 對地



〈그림 2.40〉 酸化亞鉛形 피뢰기의 漏洩電流波形

電壓에 있어서 누설전류의 변화에 따라 절연상태의 불량을 결정하는 시험이다. 주로 직렬갭의 分路抵抗체크를 위하여 실시되는 것이나 분로저항 이외의 절연부가 열화한다거나 吸濕에 의하여 절연이 저하되었을 경우에도 機器를 정지시키지 않고 수시로 체크할 수 있는 방식이다.

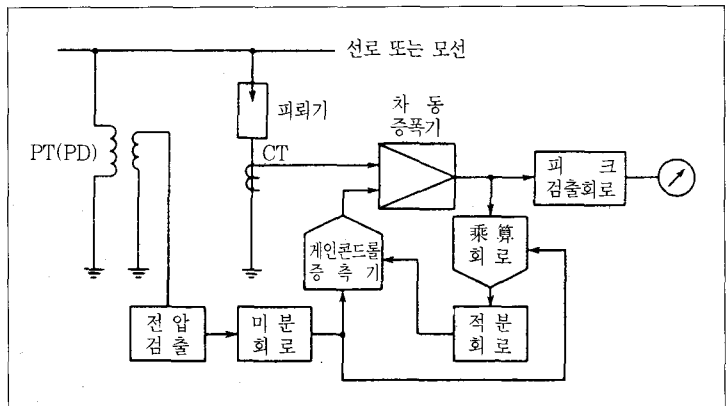
갭附避雷器의 누설전류는 일반적으로 운전개시 때에 측정된 初期値를 기준치로 하여 정기적으로 측정하고, 그 변화의 사태에 따라 불량을 판정한다. 애자형피뢰기의 경우, 측정치는 碍管表面의 누설전류에 의하여 영향을 받기 때문에 기후(비, 습도 등)와 표면의 오손에 대하여 충분히 주의하여 측정할 필요가 있다.

(3) 放電特性試驗 : 직렬갭의 방전특성은 吸濕, 劣化나 分路抵抗의 변화에 의하여 변동하는 경우가 있었다. 이에 대처하기 위해 임펄스 발생장치를 이용하여 정기적으로 방전특성을 측정하는 現地試驗法이 있다.

b. 酸化亞鉛形 避雷器의 診斷

(1) 絶緣抵抗測定 : 갭이 있는 피뢰기와 같이 생각할 수 있다. 일반적으로 1,000V메거를 사용하여 ZnO소자 및 支持絶緣物의 저항치를 측정한다.

(2) 漏洩電流測定 : 산화아연형 피뢰기에 상시 흐르는 전류는 대부분이 容量性으로서 抵抗分電流는 일반적으로 數 μ A~數10 μ A의 오더이기 때문에 발열은 거의 없고 긴수명이 기대된다. 그러나 소자 및 지지절연물 등의 劣化, 吸濕의 경



〈그림 2.41〉 저항분 누설전류 測定回路 例(1)

향을 보기 위하여 누설전류를 측정하는 것이 바람직하다.

산화아연형 피뢰기의 누설전류측정법에 대하여는 쏘누설 전류 측정과 저항분누설전류측정의 두가지를 생각할 수 있다. 다음에 각기의 개요에 관하여 설명한다.

(a) 全漏洩電流測定 : ZnO소자의 전누설전류는 그림 2.40에 표시한 바와 같이 용량분電流 I_c 와 抵抗分電流 I_R 의 合成電流이다. ZnO소자가 열화하면 용량분전류와 저항분전류가 함께 증가하는 경향이 있고, 특히 저항분전류의 증가가 현저하다. 그러나 저항분전류는 원래 매우 微小하기 때문에 이것을 정확히 측정하기 위하여 연구가 필요하다. 따라서 비교적 간단한 방법으로서 전누설전류측정이 실시되고 있다.

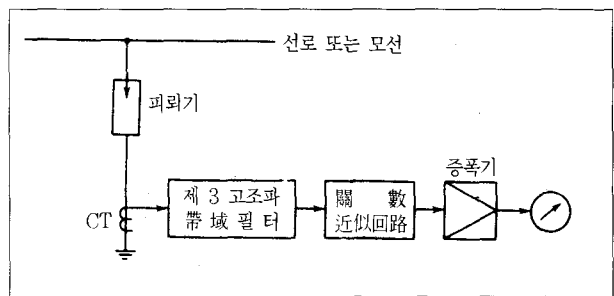
이 방식에서는 약간의 저항분전류 증가를 정확히 검출할 수는 없으나 管理値를 적절한 값으로 설정하여 두면 열화 경향을 정확히 판정할 수가 있다.

(b) 低抵抗分 漏洩電流測定(電力損失의 測定) : ZnO소자의 劣化는 주로 저항분누설전류가 점증함에 따라 판별되기 때문에 산화아연형 피뢰기의 劣化를 감도가 좋고 定量的으로 파악하는데는 저항분전류를 全漏洩電流로부터 분리하여 측정하는 것이 좋다. 이 微小抵抗分 電流測定에 의하여 劣化檢出方式의 例를 아래에 나타내었다.

그림 2.41은 피뢰기를 흐르는 全漏洩電流에 電壓信號로 90deg 進展한 용량분전류에 相當하는 신호를 제거(Cancel)하는데 따라 저항분전류를 검출하는 방법이다.

제거(Cancel) 信號는 게인콘트를 增幅器에 의하여 크기가 조정되고 저항분전류가 표시된다. 또 저항분 미소전류를 電壓波形과의 同期整流方式에 의해 직류출력으로 하여 指示計器로 판독하도록 한 方式도 있다. 피뢰기에 흐르는 전류는 그림 2.40에 표시된 바와 같이 용량分電流 I_c 와 저항分電流 I_R 의 合成電流이다. 따라서 그 基本波成分은 용량分電流보다 약간 位相의 뒤짐이 있다. 이 基本波成分을 帶域필터에 의하여 추출하고, 별도로 PT(PD)에 의하여 얻은 전압신호를 同期整流하여, 이 동기정류출력은 필터를 거쳐 직류전압으로 변환시킨 후 指示計器로 판독하는 방법이다.

그림 2.42는 전누설전류로부터 저항분전류를 분리하기 위하여, PT(PD) 電壓을 필요로 하지 않는 측정기의 그림이다. 피뢰기의 전누설전류로부터 제3 고조파成分을 帶域필터에 의하여 抽出하고, 저항분전류와 제3 高周波出力의 관계로부터 저항분전류를 求하는 方式이다.



〈그림 2.42〉 抵抗分漏洩 測定回路例(2)

2.7.3 앞으로의 課題

갭이 달린 피뢰기와 산화아연형 피뢰기에 관하여 여러 가지 劣化現象과 진단기술의 개요를 기술했다. 현재로서는 신설되는 피뢰기의 대부분이 산화아연형이라고 생각해도 좋다. 수요가에 있어서는 耐用年數에 관계없이 적극적으로 酸化亞鉛形化를 선호하고 있으므로 갭피뢰기의 비율은 매년 저하하고 있다.

산화아연형에 관해서는 그 劣化機構가 아직 충분히 해명되어 있지 않고, 특히 最近에 개발된 고성능피뢰기에 대해서는 사용과 동시에 損失(저항분전류)이 감소한다거나 하여 그 열화형태를 파악하는 것이 앞으로의 중요한 과제라고 한다.

한편, 診斷技術에 대해서는 2.7.2項에서 소개한 바와 같이 여러 가지의 方式이 考案되어 적용되고 있으나 진단방법과 평가기준의 통일이 과제로 제기되고 있다.

또, 앞으로는 다른 변전설비와 같이 상시감시에 의한 豫防保全이 도입되어야 할 것으로 생각된다.