

# 技師會員을 爲한 理論과 實務

特輯

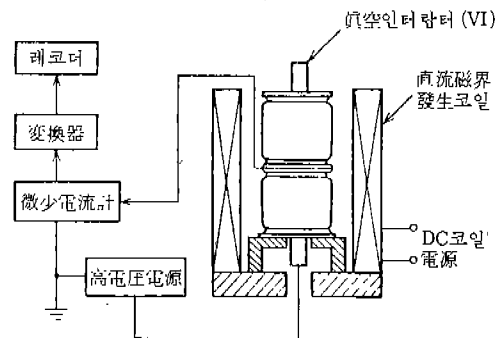
〈設備診斷〉

## 眞空遮斷器의 診斷技術

근년의 진공차단기는 차단부의 전극재료의 연구, 표면처리기술의 발달, 아크에 磁界를 작용시키는 방식의 개발 등으로 고전압, 대용량화의 방향으로 달리고 있다. 또한 서지 대책에 대해서도 산화아연형 피뢰기의 사용 및 진공 인터럽터의 전극재료, 구조의 연구에 의한 저 서지화도 성과를 거두고 있다.

한편 진공차단기의 성능을 보증하는 가장 중요한 포인트인 진공 인터럽터의 진공도 관리가 주목되고 있다. 일반적으로 차단성능을 보증할 수 있는 한계 진공도는  $5 \times 10^{-3}$  ( $6.7 \times 10^{-1}$  Pa) Torr인데 최저보증관리기준을  $5 \times 10^{-4}$  ( $6.7 \times 10^{-2}$  Pa) Torr로 하여 20년 혹은 40년의 장기보증을 하고 있는 것이 현상이다. 진공 인터럽터의 제작과정에서의 진공도 관리로서 엄밀한 검사, 관리기준이 설정되어 있다. 가령 내부구조물에서의 방출 가스를 방지하기 위해 구성부품의 충분한 세정, 탈가스처리를 하고 있다. 외부에서의 침투가스에 의한 진공도 변화에 대해서는 장기간 보증을 할 수 있는 더욱 높은 진공도의 관리기준을 설정하여 그 성능을 유지시키고 있다.

이와 같은 진공도 관리를 하기 위해서는 보다 정확한 진공도 측정을 해야된다. 출하 전의 진공도의 측정에는 일반적으로 마그네트론法이 적용되고 있다(그림 1 참조).



〈그림-1〉 마그네트론

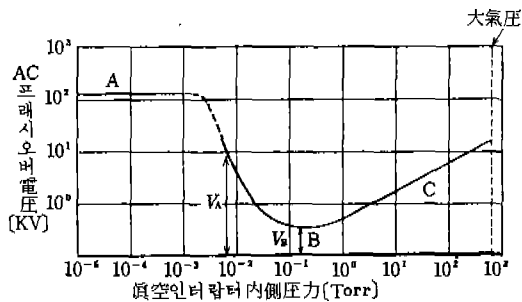
이와 같이 고진공, 고품질의 진공 인터럽터가 만들어지는데 사용대수의 증가 대용량화에 따라 더욱 신뢰성을 높이기 위해 또한 예방보전의 견지에서도 설치후의 진공차단기에 대하여 진공도 진단으로서 간이점점이 6~10년의 기간에 정기적으로 실시되고 있다. 이 방법으로서 동상 전압인가법이 사용되는데 계통에서 일단 진공차단기를 절리시켜야 되며 또한 고압전원을 필요로 하기 때문에 현지시험의 안전성 등도 문제가 된다. 이와 같은 이유에서 진공도의 점검을 안전하고 또한 간편하게 실시할 수 있는 방법이 몇가지 연구되고 있으며 일부는 이미 실시가 개시되고 있다. 여기서는 계통전압을 이용한

진공도 감시에 대하여 그 원리와 방법에 대하여 해설한다.

## 1. 眞空度 監視의 原理

### (1) 파센의 法則

진공 인터럽터의 진공도가 어떤 원인으로 저하되었을 경우 내부의 프래시오버 전압치는 그림 2와 같이 변화한다.



〈그림-2〉 眞空인터럽터内部压力과 AC 프래시오버電壓

이 곡선은 파센의 커브라고 하며 횡축이 진공도, 종축이 전극의 내전압치를 표시하며 양축이 모두 횡對數그래프로 되어 있다. 진공도가 양호한 진공 인터럽터는 그림의 A로 표시된 영역에 존재하며  $1 \times 10^{-4}$  Torr 이상의 고진공으로 유지되고 있다. 따라서 전극은 개극상태에서 충분한 내전압을 가진 상태가 되어 있다.

그러나 만일 어떤 원인으로 외부로부터의 침투 가스등으로 진공도가 그림의 A→B→C로 변화하면 그 진공도 열화에 따라 내전압치도 그림의 커브와 같이 변화한다. B의 영역은 파센의 底라고 하며 가장 방전이 용이한 분량의 기체분자가 진공용기 속에 들어 있는 조건이며 300V 정도에서 방전이 개시된다. 형광등이나 네온관 등은 수은증기나 네온을 수~수 10 Torr 봉입한 것이며 이 방전영역을 이용한 것이다.

또한 기체분자가 진공용기 속에 많아지면 방전이 용이하게 발생하지 않게 되어 그림의 B→C로 압력

이 변화하는데 따라 내전압도 압력에 비례하는 형태로 상승한다. 대기압(760Torr)도 이 영역에 포함된다.

이와 같이 기체의 압력에 따라 변화하는 내전압 커브를 파센의 법칙이라고 한다. 현재의 진공도 감시는 기본적으로 이 현상을 응용하여 진공 인터럽터 속에서 발생하는 방전을 어떤 방법으로 검출하여 진공도 검사를 실시하고 있는 것이 일반적이다.

### (2) 不良眞空인터럽터의 眞空度

진공 인터럽터 속의 진공도가 한꺼번에 대기압까지 열화하는 것은 취급불량으로 인한 글라스케이스의 파손 등에 의한 것을 제외하고는 극히 드물다. 통상은 외부의 가스가 서서히 침투해오는 슬로리크라고 하는 현상으로 5~10년에 걸쳐 A의 영역에서 B의 영역까지 진공도가 열화되어 간다.

가령 진공도 0.1 Torr까지 1년이 소요된 것은 파센커브의 底 부근인 1Torr까지에는 9년을 더 요하게 된다. 따라서 슬로리크된 것은 통상 파센커브의 底(B의 영역)에서 정제하게 된다. 이 영역의 진공 인터럽터는 저전압에서 방전을 개시하므로 저동전압에서도 충분히 검출이 가능하다. 슬로리크의 발생원인으로는 가령 염소계의 가스를 포함한 분위기 속에서의 장기간 사용에 의하여 용접부가 부식되는 등으로 발생하는 것을 들 수 있다.

## 2. 眞空度 監視의 實用例

진공차단기의 진공도 감시의 실용례는 전압인가법에 의존하는 것이 현재 일반적으로 되어 있으며 상시 감시의 실용례는 적다. 이것은 진공 인터럽터의 기밀에 대한 고신뢰성에 의한 것으로 생각되는데 한편 각종의 진공도 감시방법에는 각각 장점, 단점이 있으며 또한 코스트나 감시장치의 신뢰성을 고려하면 아직은 일부에만 실시되고 있는 것이 현실이다.

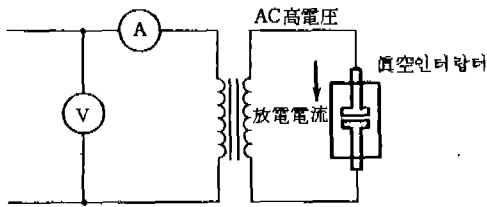
여기서는 최근에 실시되기 시작한 방전 노이즈에 의한 수시감시의 방법; 또한 포켈素子를 이용한 상시감시의 두가지 예에 대하여 해설한다.

(1) 隨時監視의 實施例(既納品の 眞空度 診斷)

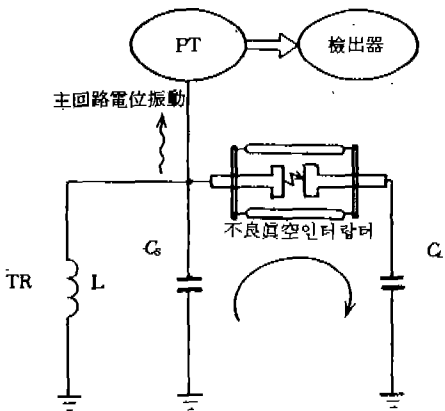
(a) 개요 현재 진공개폐기의 진공관리 항목으로서 일반적으로 실시되고 있는 것은 그림 3 과 같이 교류전압을 진공차단기 단체에 인가하여 진공도의 양부관정을 하는 방법이다.

이 방법은 계통을 정지시켜야 되며 또한 고전압 전원을 필요로 하므로 현지시험의 안전성 등에도 문제가 된다. 따라서 계통전압을 이용하여 간편하게 진공도 체크를 할 수 있는 방법이 요망되고 있다.

다음에 기납품의 진공개폐기를 대상으로 하여 간편하고 또한 안전하게 진공도 체크를 할 수 있는 미搬式의 진공도 체크를 소개한다. 이 방식은 진공개폐기를 계통전압하에서 개로한 경우에 진공불량 인터락터에서 발생하는 방전에 따른 계통의 과도전위 진동을 PT 2 차 단자 등에서 검출하는 것이다.



〈그림-3〉 電壓印加法



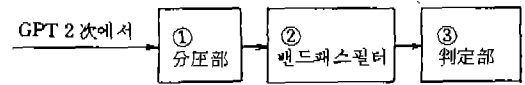
〈그림-4〉 檢出說明圖

(b) 檢出原理 검출설명도를 그림 4에 들었다. 진공 인터락터의 진공도가 저하하여 그림 2와 같

은 파센커브의 B영역 부근에 도달하면 개로한 진공 밸브 내에서 방전을 개시하여 부하측의 정전용량분  $C_L$ 에 펄스狀의 충전전류가 흐른다. 이 때의 과도전위진동의 레벨 및 주파수는 계통조건 등에 의하여 여러 가지의 값이 된다. 따라서 실제의 검출기는 계통 그 자체에 존재하는 노이즈의 영향을 용이하게 받으므로 계통정수에 맞는 감도를 검토하여 기종별로 전환하여 레인지로 感度 등을 전환할 수 있도록 되어 있다.

(c) 檢出器의 구성 검출기의 구성을 그림 5에 들었다.

①의 분압부에 의하여 PT의 신호 동을 적절한 레벨로 하여 검출기 속에 내장한다. 다음에 ②의 필터에 의하여 전원주파수와 코로나 잡음 등에 의한 고주파잡음이 제거된다. 따라서 여기서의 출력신호는 방전에 의한 계통의 과도전위진동분을 중심으로 한 주파수이며 이 레벨을 판정함으로써 불량진공 인터락터의 검출을 한다.



〈그림-5〉 檢出器 構成圖

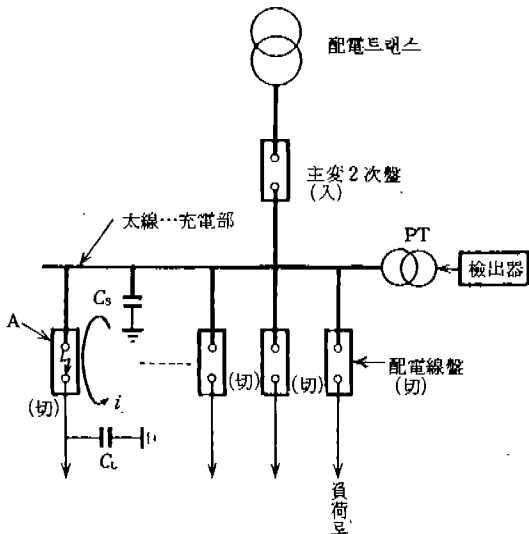
(d) PT에서의 檢出具体例

(7) PT가 電源側에서 充電되고 있는 경우

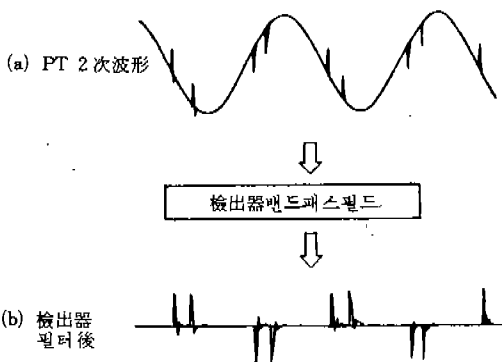
그림 6에 진공도 검사를 하는 6 KV의 회로예를 들었다.

그림의 회로에서 배전선의 진공도 진단을 할 경우에는 모든 배전선 진공차단기를 오프하고 1:2 次 繼電을 넣어 모선까지 충전한다(그림의 태선이 충전부) 그 때 단일 A의 진공차단기가 불량이면 진공 인터락터에 방전이 발생하여  $C_L$ 에 충전함으로써 주 회로전위가 진동한다.

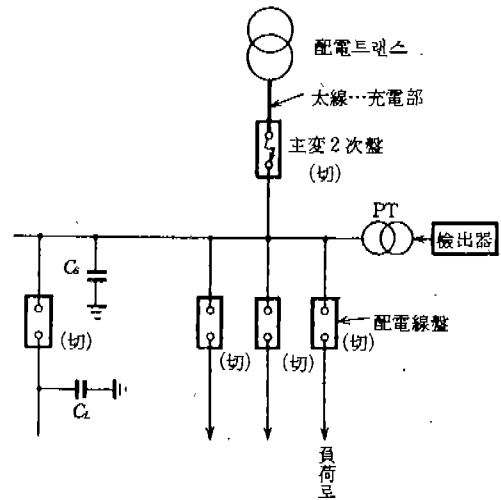
그림 7은 검출의 설명도 이다. 그림 중의 (a)는 PT 2 次 端子에 나타나는 파형이며 상용 주파 위에 진공 인터락터가 방전되었을 때의 과도전위진동이 중첩된 파형으로 되어 있다. (b)는 검출기 내부의 밴드패스필터를 통과한 후의 파형이며 상용 주파 및



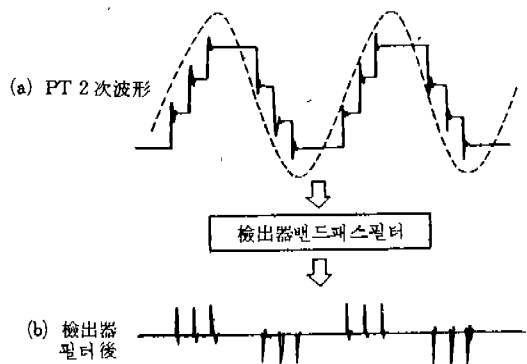
〈그림-6〉 配電線盤의 檢出回路



〈그림-7〉 檢出說明圖 (PT 充電)



〈그림-8〉 主変2次盤의 檢出回路



〈그림-9〉 檢出說明圖 (PT 無充電)

코로나 영역의 고주파는 제거되며 방전에 의하여 발생하는 진동수를 중심으로 한 파형으로 되어 있다. 다음에 이 펄스狀의 파형을 레벨 판정하고 진공 인터락터의 양부의 판정을 한다.

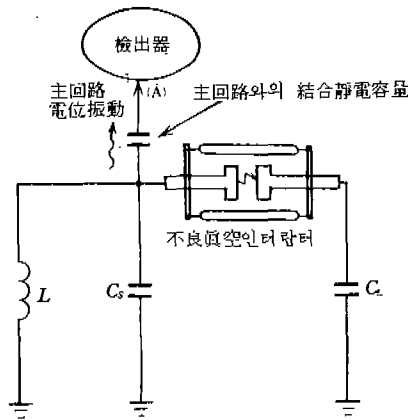
이 방식을 채용함으로써 계통전압을 이용하여 배전선반을 일괄하여 검출할 수가 있다.

(L) PT 無充電의 경우 그림 8에 6KV 배전계통에서의 主變2次盤 검사회로를 들었다.

主變2次盤 검사의 경우에는 주변 2차반의 머리까지 충전하고 주변 2차반은 切로 한다. 따라서 주변 2차반이 정상인 경우에는 PT는 무충전이며 방

전에 의한 전위진동은 발생하지 않는데 만일 불량인 경우에는 그림 9의 (a)와 같이 PT 2차측에 계단형의 전위가 발생한다. 스텝형으로 전위가 급속히 변화하는 포인트가 眞空 인터락터가 간헐적인 방전을 발생하고 있는 포인트가 된다. 이 PT 2차전압을 검출기 내의 밴드패스필터에 통과시키면 (b)와 같은 펄스상의 방전에 의한 과도성분을 중심으로 한 것이 되며 이 펄스레벨을 판정함으로써 진공도의 양부를 진단할 수 있다.

(e) 主回路와의 靜電容量 結合을 이용한 測定例  
그림 10에 검사의 간략화한 회로를 들었다.



〈그림-10〉 檢出器 說明圖

그림에서 진공 인터라터의 방전이 발생하면 그 방전에 의한 고주파 성분이 정전 용량을 통하여 (A)의 포인트로 전파된다. 그 후에는 PT에서의 검출과 마찬가지로 밴드패스필터를 통하여 상용 주파성분 및 코로나 잡음주파를 제거하여 방전에 의한 과도전위 진동성분을 중심으로 한 신호를 얻어 그 레벨을 판정한다.

(f) 放電時의 主回路電位振動의 크기에 대하여 眞空 인터라터의 방전에 의한 주회로 전위진동의 크기는 주로 회로조건과 진공도의 2개의 요인에 따라 변화한다.

(7) 回路條件에 의한 電位振動의 레벨差 그림 4는 PT가 전원측에 있을 경우의 불량진공 밸브의 방전회로를 간단히 든 것이며  $C_s$ ,  $C_i$ 은 진공 인터라터에 대하여 전원측, 부하측의 대지용량분이다.

이 회로에서  $C_s > C_i$ 인 경우와  $C_s < C_i$ 인 경우의 2개의 케이스에 대하여 진동 레벨의 크기를 알아본다. 먼저  $C_s > C_i$ 인 경우에는 방전이 발생해도 전원측 용량분  $C_s$ 가 크기 때문에 전원측의 전위진동은 완화되어 작아진다. 즉 전원측 용량분  $C_s$ 에 방전에 의한 전위진동이 억제되는 형태가 된다.

한편  $C_s < C_i$ 의 경우에는 전원측이 작은 對地容量分  $C_s$ 에서 부하측의 큰 대지용량분  $C_i$ 로 향하여 방전이 발생하기 때문에 전원측의 과도전위 진동은 커진다. 또한 전원인 L이나 C의 값이 변화하면 발

생주파수도 변화하여 기종이나 계통에 따라 발생 레벨 및 발생주파수도 다양해진다.

(L) 眞空度에 따른 레벨의 變化 그림 2의 B포인트는 파센커브의 방전개시전압이 가장 낮아지는 점이다.

이 영역의 진공도에서는 진공 인터라터는 300V정도의 낮은 전위차 ( $V_b$ )에서 방전이 발생하기 때문에 주회로전위진동분으로는 작아진다.

한편 A에 가까운 영역에서는 진공 인터라터의 방전개시전압 ( $V_A$ )도 높고 주회로전위진동 레벨도 커진다. 이와 같이 진공도에 따라 진공 인터라터의 전극간의 방전개시전압이 변화함으로써 발생 레벨도 변화한다.

이상의 사실에서 주회로 전위진동을 PT 등에서 얻어 내어 진공진단을 할 경우에는 전원측의 전위진동이 가장 어려운 계통조건 및 진공도로서는 방전개시전압이 가장 낮아지는 조건에서의 주회로 전위진동에서도 검출이 가능하도록 판정 레벨 등을 설정해야 된다.

(g) 特 徵

(i) 고전압 발생장치를 사용하지 않기 때문에 안전하게 측정할 수 있다.

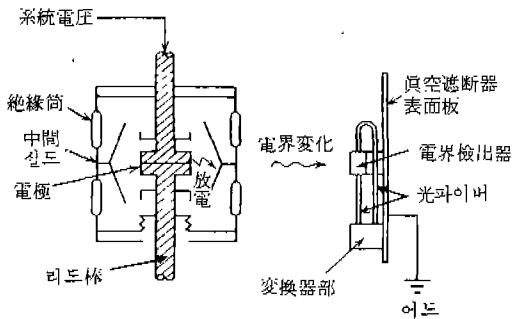
(ii) 진공개폐기가 몇대인가 병렬로 접속되어 있으면 동시에 그들을 점검할 수 있고 단시간에 진공도진단을 할 수 있다.

(iii) 1대의 검출기로 각종 진공개폐기에 感度레인지 등을 전환시킴으로써 대응할 수 있다.

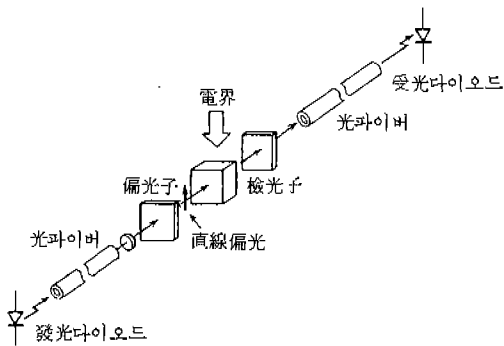
(2) 常時監視의 實施例

(a) 檢出原理 그림 11에 浮遊電位실드(중간실드)를 가진 진공차단기의 断面模式圖를 들었다.

진공밸브가 정상인 경우의 중간 실드의 전위는 고전압부-중간 실드 간, 중간 실드어드판 간의 각각이 갖는 정전용량에 따라 分壓된 전위가 된다. 그림의 사선부분은 고전압(계통전압) 부분을 들었다. 그러나 진공도가 열화하면 전극과 중간 실드 사이에서 방전이 발생하여 그 결과 중간 실드어드 간의전계에 변화가 발생한다. 중간 실드의 전위변화를 직접 측정하기는 곤란하나 그림과 같은 위치에 電界



〈그림-11〉眞空遮断器 断面模式圖



〈그림-12〉포켈스效果原理圖

檢出센서를 설치함으로써 중간 실드의 전위변화, 즉 진공인터럽터의 진공도 열화를 알 수가 있다.

전계검출부는 각 상의 진공 인터럽터의 가까이에 진공개폐기의 틀을 이용하여 고정되고 검출부(3개)와 변환기는 광파이버에 의하여 접속되어 있다. 검출부의 구성은 그림12와 같이 렌즈, 偏光子, 포켈스素子, 檢光子로 구성되어 있으며 변환부에 내장되어 있는 발광 다이오드에서 발생한 빛은 광파이버에 의하여 검출부로 이송된다.

검출부에서는 우선 렌즈에 의하여 평행 광선화되어 편광자를 통과한다. 偏光子를 통과한 빛은 직선 편광이 되어 포켈스素子에 입사된다. 포켈스素子는 전계의 인가에 의하여 입사직선편광을 타원편광으로 변화시키는 성질(포켈스효과)을 가진 결정으로 사출광은 입사편광방향과는 다른 방향의 성분을 가지게 된다.

포켈스素子로서는 비스마스실리콘옥사이드(BSO) 비스마스겔마늄옥사이드(BGO), 수정 등이 잘 알려져 있다. 편광소자와 같은 성질을 가지고 있는 검광자를 입사직선편광과 어떤 각도를 부여하여 고정시키면 포켈스素子에 전계가 작용했을 때 투과광량이 증가한다. 따라서 전계강도와 광량을 대응시킬 수가 있다.

투과광은 광파이버에 의하여 受光素子가 있는 변환부로 이송되어 광량의 변화를 전기신호로 변환하여 진공도의 판정, 경보출력, 표시를 한다. 이 방식은 현상으로는 값이 비싸며 일반적으로 보급되기 위해서는 보다 많은 연구가 필요하다.

(b) 特 徵

(i) 계통전압을 이용하기 때문에 다른 고전압전원을 필요로 하지 않는다.

(ii) 변환부는 파이버에 의하여 검출부와 전기적으로 절연되어 있기 때문에 안전하다.

(iii) 개폐기 투입상태에서 검사를 할 수 있기 때문에 통전정지를 할 필요가 없으며 운전중에 실시할 수가 있다.

진공차단기의 대용량화 사용대수의 증가에 따라 안전하고 또한 간편하게 진공도 검사를 할 수 있는 방법의 연구도 발달하여 값이 저렴하고 고신뢰성의 검출장치도 개발단계에 있다. 앞으로 더욱 이와 같은 진단기술이 보급되어갈 것으로 추정되며 개폐장치의 신뢰성의 향상, 보수의 간소화에 크게 기여하게 될 것이다.

\*