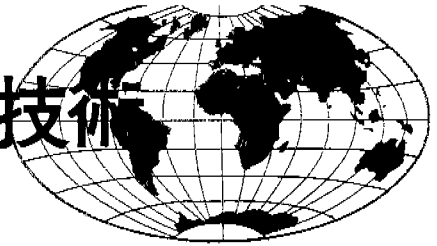




GIS의 遮斷性能技術



1. 머리말

가스 絶緣開閉裝置(GIS)를 한층더 축소하는데 가스 遮斷器의 小形化가 기여하는 역할은 대단히 커서 消弧室의 축소화와 操作器의 低操作力化가 심히 요망되고 있다.

그중에서도 특히 버퍼실린더의 小型化가 중요한 요소이다. 이를 위해서는 解析技術 및 實驗的方法을 구사하여 大電流遮斷時에 아크熱을 버퍼室內로 효율적으로 끌어들이어 압력을 상승시키는 것이 중요하다.

아래에 消弧室의 각 遮斷條件에 대한 설계 및 평가기술에 대하여 소개한다.

2. 消弧室設計를 위한 基礎技術의 概要

표 1에 小電流와 大電流의 각 차단조건에 대한 설계 및 평가기술의 개요를 표시한다. 각각의 차단조건에 대하여 各種解析手法 및 평가기술을 구사하여 여러 가지 시점에서 성능예측이라든가 성능평가를 하여 볼 필요가 있다.

3. 小電流遮斷을 위한 技術

3·1 進相小電流

進相小電流遮斷에서 가장 문제가 되는 것은 再点弧이다. 차단 0.5 사이클 후에 印加되는 回復電壓波高值에 대하여 아크時間이 영이고 가장 갭이 작은 가혹한 경우에도 충분히 견딜 필요가 있다. 또한 大電流遮斷에 의한 絶緣노출이나 아킹콘택트의 훼손, 오염 등을 고려하여 충분한 裕度를 취할 필요가 있다. 그러기 위한 설계 및 평가기술로서는 다음과 같은 것을 들 수 있다.

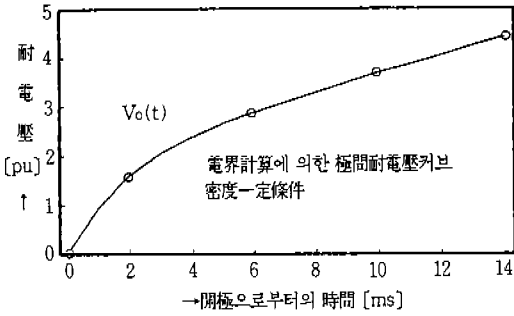
(1) 설계기술

(a) 電界解析(각 갭의 길이에서의 耐電壓值)

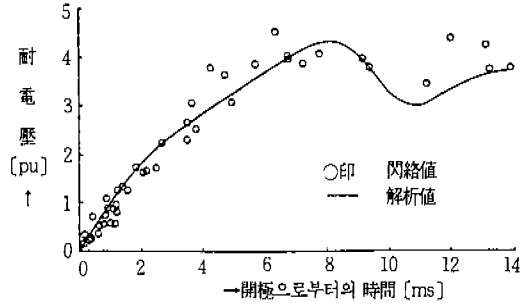
(b) 無負荷氣流解析에 의한 固定電極先端的의 密度變化 위의 (a), (b)를 구한 결과를 그림 1 및 그림 2에 표시한다. 遮斷途中의 耐電壓 $V(t)$ 는 密度가 일정할 때의 耐電壓 $V_0(t)$ 와 密度變化 $\rho(t)$ 로 (1)식에 의하여 구할 수 있다. 그 값을 그림 3에 實線으로 표시한다. 耐電壓의 특징은 電極이 絶緣노출을룩을 빠져나오는 위치에

〈표 1〉 遮斷性能에 대한 設計 및 信賴性 評價의 基礎技術概要

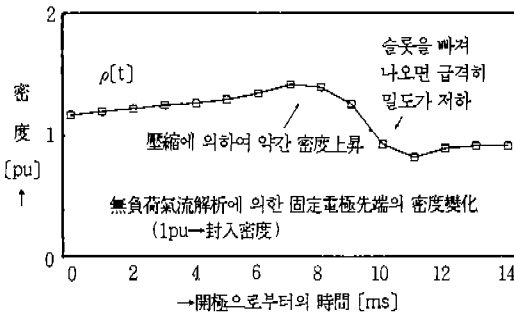
項 目	評價포인트	設 計 技 術	評 價 技 術
小電流	進相小電流 (리덴터 벙크 포함)	再点弧 없음	① 無負荷絶緣回復特性(톱니波에 의한 過渡耐壓 측정) ② 대전류차단후의 進相小電流性能
	遲相小電流 (리덴터 포함)	재단, 發弧서지가 낮음	① 재단 레벨과 서지레벨의 測定 ② 回路條件과 發弧특성
大電流	BTF (端子短絡 故障)	3相熱가스下에서의 極間, 相間, 對地間의 絶연과피가 없을 것	① 小갭法에 의한 熱가스流의 密度, 流速의 측정 ② 3相實負荷 또는 3相等價試驗에 의한 相間·對地間 및 버퍼 反力에 대한 차단성능의 검증 ③ 多數回遮斷性能 檢證
	SLF (근거리선로 고장)	熱破壞하지 않을 것	① 有負荷熱流體解析(버퍼 실린더 壓力流路의 최적화) ② PTFE(노출 材料), 蒸氣의 有効이용



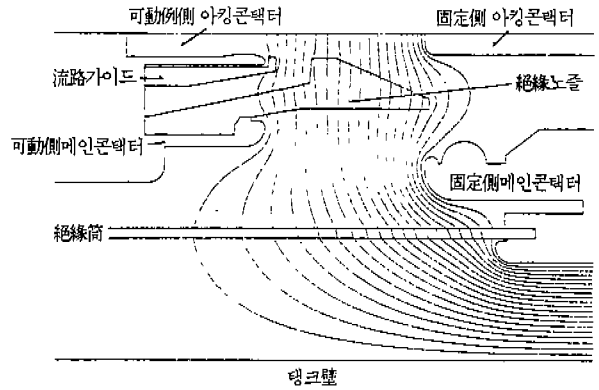
〈그림 1〉 極間部耐電壓特性



〈그림 3〉 無負荷絶緣回復特性和 解析值



〈그림 2〉 開極으로부터의 密度特性



〈그림 4〉 消弧室部電位 分布圖例

서 高速가스流가 생겨 密度가 저하함으로써 耐電壓이 일시 저하하는 것이다.

또 아크時間이 영에서 차단하였을 때가 가장 가혹하게 되므로 熱가스의 발생은 거의 없으며 熱가스에 의한 密度低下는 고려하지 않고 無負荷氣流解析에 의한 密度를 이용할 수 있다.

$$V(t) = \rho(t) \cdot V_0(t) \dots \dots \dots (1)$$

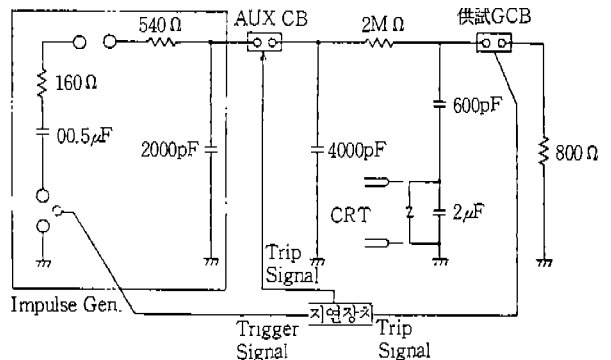
여기서 $\rho(t)$ 는 無負荷氣流解析으로 얻은 차단도중의 密度變化, $V_0(t)$ 는 電界計算에 의하여 구한 각 갭의 길이에 대응하는 耐電壓이다. 遮斷位置에서의 電位分布解析의 例를 그림 4에 표시한다.

(2) 評價技術

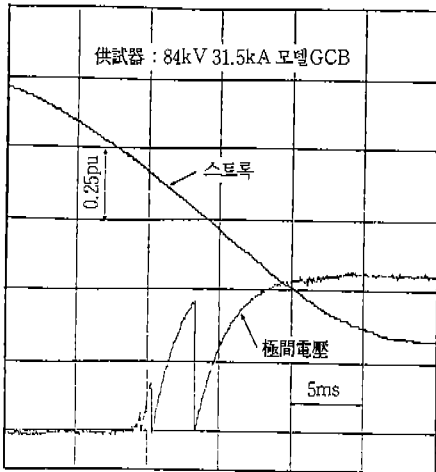
(a) 多數回 大電流遮斷後의 進相小電流 遮斷性能

大電流를 遮斷한 경우 絶緣노즐은 아크의 복사열 등에 의하여 融解되고 크레이터狀의 損傷이나 汚損物이 부착한다. 또 아킹콘택터는 일부가 金屬베이퍼가 되어

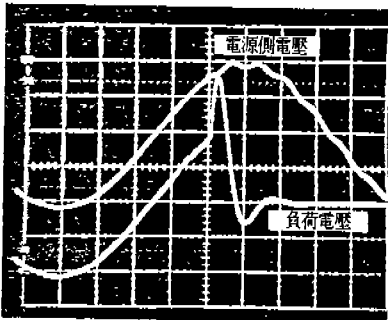
飛散하기 때문에 표면손상에 의하여 耐電壓도 저하한다. 이와 같은 상황에서서도 충분한 進相小電流 遮斷性能을 얻을 수 있어야 한다. 실제로 消弧室 開發時에는 31.5kA 定格遮斷을 10회 실시한 후에 進상소전류와 규격의 내전압시험 및 주회로저항을 측정하였으나 문제가 없었다.



〈그림 5〉 無負荷絶緣回復特性 測定回路



〈그림 6〉 絶緣回復特性測定例



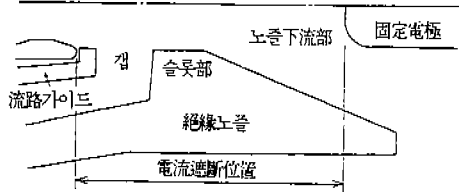
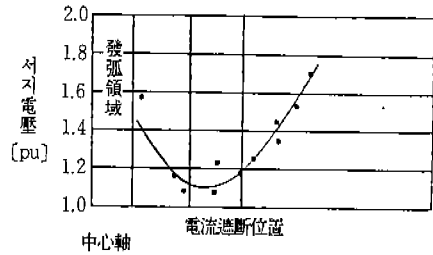
(縱軸 50.5kV/div, 橫軸 2ms/div)

〈그림 7〉 遲相小電流遮斷時的 電壓波形

(b) 無負荷 絶緣回復特性에 의한 評價

進相小電流遮斷에 대하여 定量的으로 裕度를 구하는 방법으로서 無負荷 絶緣回復特性의 측정을 들 수 있다. 측정은 실제로 차단기의 무부하조작중에 반복하여 전압을 인가, 각 스트로크장에 대한 실제의 破壞電壓을 구한다. 그림 5에 無負荷 絶緣回復特性의 측정회로를 표시하였다.

이 回路는 임펄스發生裝置를 응용한 것으로 極間이 열리는 타이밍 부근에서 반복하여 電壓 (時定散 1.2ms)이 印加되는 定數로 되어 있다. 그림 3에 이 장치에 의하여 구한 開極에서부터의 時間과 檢流電壓을 〇標로 나타내었다. 또 그림 中の 解析値와 閃絡電壓의 傾向은 잘 일치하고 있다. 測定波形例를 그림 6에 표



〈그림 8〉 電流遮斷位置와 서지 電壓의 關係

시한다. 이 측정결과와 進相小電流의 回復電壓을 비교 검토함으로써 裕度를 구할 수가 있다.

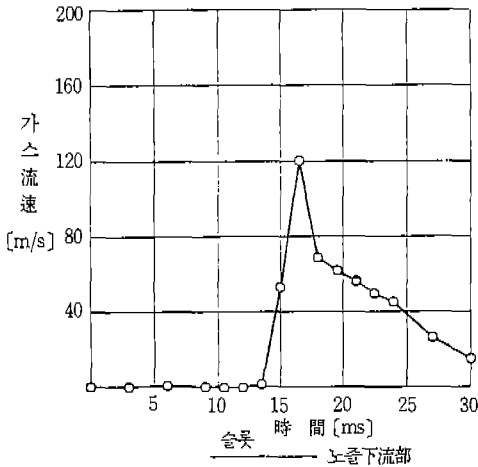
3-2 遲相小電流(리액터를 포함함)

遲相小電流인 경우에 문제가 되는 것은 재단 및 再發弧에 의한 서지이다. 높은 재단서지가 발생하는 것은, 固定電極이 슬롯을 빠져나온 직후에 급격하게 가스流가 고속화하여 아크損失의 증대로 재단電流레벨이 상승하기 때문이다. 리액터인 경우는 가스遮斷器로부터 선트리액터까지의 거리가 길고 케이블로 접속되어 있는 조건에서는 그림 11의 回路圖에 표시한 發弧周波數가 낮아져 發弧電流를 遮斷할 수 있는 가능성이 생긴다. 또 특히 리액터容量이 적은 경우에는 熱가스量도 적어 多量再發弧에 의한 過電壓이 발생한다. 따라서 回路條件과 多重再發弧의 關係를 파악하여 둘 필요가 있다.

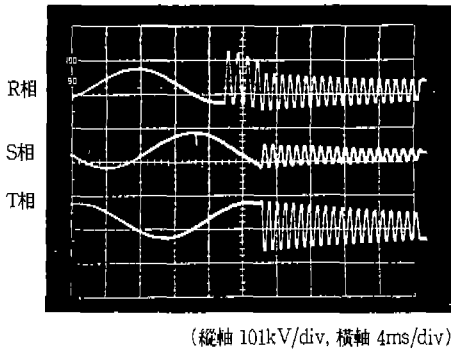
(1) 재단레벨과 가스 流速關係

그림 7에 84kV, 31.5kA 모델 遮斷器에 의한 遲相小電流遮斷時的 電壓波形的의 例를 든다.

재단에 의하여 부하측에 과전압이 발생되고 있음을 알 수 있다. 또 그림 8에 84kV 對象의 遲相小電流值가 20A 조건에서의 차단위치와 負荷側 過電壓과의 關係를 표시하였다. 下流側에서, 재단에 의한 부하측의 과전압이 보다 높은 것을 알 수 있다. 이것은 絶緣 노즐



〈그림 9〉 無負下時의 固定電極先端流速變化



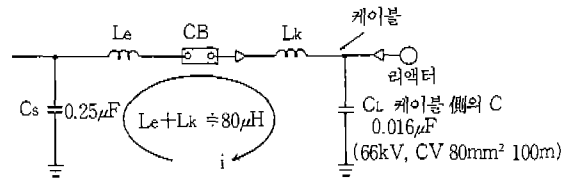
〈그림 10〉 리액터遮斷時의 負下側電壓波形

下流部에서 급격하게 高速가스流에 의한 아크冷却能力이 높아지기 때문이다.

그림 9에 無負荷氣流解析에 있어서 固定電極先端의 가스流速 변화를 나타내었다. 슬롯을 빠져나옴과 동시에 가스가 갑자기 흐르기 시작하여 가스流速은 가속된다. 재단서지의 레벨은 無負荷氣流解析에 의한流速(아크損失)과 相關性이 높고, 그것에 의하여 재단서지의 發生레벨이라든가 發生하기 쉬운 아크時間帶를 알 수가 있다.

(2) 리액터의 回路條件과 서지電壓의 關係(多重再發弧의 有無)

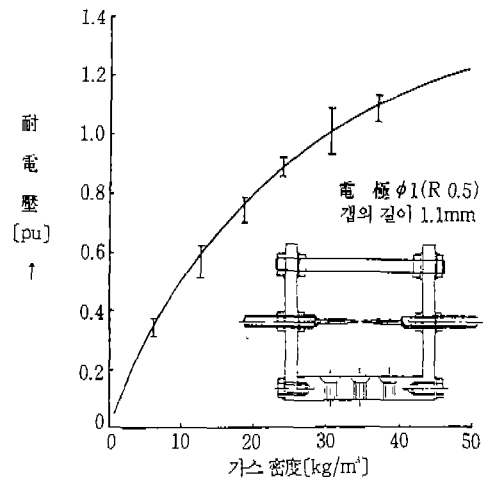
66kV의 10MVA와 40MVA의 리액터에 대하여 검



發弧는 電源測靜電容量 C_s (0.25 μF)과 負下側케이블의 靜電容量 C_L 사이에서 이루어지며 發弧周波數는 $C_s \gg C_L$ 의 關係에 의하여 대략 아래 式과 같이 된다.

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{C_L(L_e + L_k)}} \approx 140\text{kHz}$$

〈그림 11〉 리액터遮斷時의 發弧回路



〈그림 12〉 가스密度와 小갭 耐電壓의 關係

증하였다. 回路構成에 대하여는 그림 11에 표시하는 것과 같이 發弧周波數가 130~142kHz이고 케이블이 100m 접속된 비교적 가혹한 조건에서 행하였지만 서지 레벨은 10MVA時 2.7pu, 40MVA時 1.8pu이며 어느 것이나 3.0pu 이하로 문제가 없는 범위내에 들어 있다. 多重再發弧에 대하여도 遲相小電流와 마찬가지로 絶緣 노출슬롯에서 固定電極이 나와 가스流速이 湍速領域에 이르는 것과 같은 영역에서 多重再發弧의 가능성이 높아진다. 따라서 특히 그러한 아크時間領域에서의 回路條件과 서지레벨을 파악하여 둘 필요가 있다.

4. 大電流遮斷을 위한 技術

4·1 BTF 遮斷

(1) BTF 遮斷時의 現象

短絡遮斷(BTF)에 대하여는 비교적 큰 아크에너지가 발생하기 때문에 아크존재하에서의 絶緣性能 평가가 중요하게 된다. 차단시에는 아크에 의한 熱가스流가 極間, 冷却筒에서 탱크內로 유출하기 때문에 과도적으로 相間 및 對地間的 絶緣性能이 저하한다. 이것은 아크에너지에 의하여 가열된 SF₆가스의 密度低下와 熱解離에 의하여 熱가스空間의 耐電壓性能이 저하하기 때문이다.

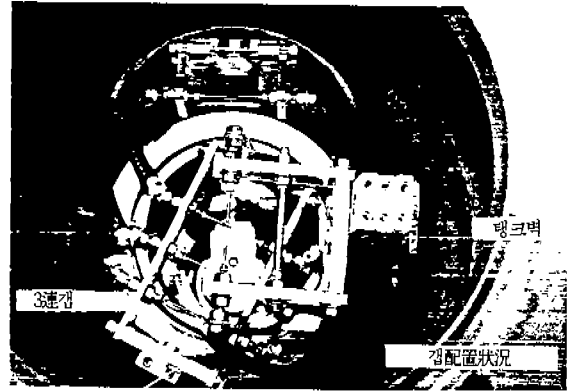
최근에는 아크에너지를 포함하는 SF₆가스의 열역학 특성을 고려한 熱가스流解析에 의하여 冷却筒이라든가 메인콘택트間 등의 차단 도중이나 차단후의 온도나 밀도분포를 해석함에 있어 비교적 精度높은 解析이 가능해지고 있다. 그러나 冷却筒에서 排出되는 熱ガス와 冷却ガ스의 境界와 같이 가스溫度 및 密度가 급격하게 변화하는 領域 등, 解析의 精度확인을 위해서도 실험적수법을 사용하여 평가하는 것이 중요하다.

(2) BTF 遮斷 設計技術

熱가스流解析에 대하여는 다른 項에서 상세히 기술하고 있기 때문에 여기서는 熱ガ스의 측정에 최근 널리 쓰이고 있는 小갭法에 의하여 실험적으로 遮斷部冷却筒에서 배출되고 있는 熱가스流의 유속이라든가 밀도 변화를 측정할 예를 소개하고 熱가스下에서의 絶緣 설계 방법에 대하여 기술한다.

(a) 小갭에 의한 測定方法과 回路

小갭의 構造로는 그림 12에 표시하는 것과 같이 갭길이 1.1mm, $\phi 1$, 先端 R0.5인 Cu-W 電極을 사용하고 있다. 또 經方向的 온도분포를 측정할 경우에는 그림 13의 小갭설치 모양에 표시하는 것과 같이 徑方向에 직렬로 3연배치한 小갭을 사용하였다. 이 3연갭의 각 포인트의 耐壓력을 측정함으로써 冷却筒出口를 통과하는 熱ガ스의 후방향밀도분포를 개략적으로 알 수가 있다. 또 冷却筒내외의 流速은 이 3연갭의 전후에 배치한 小



〈그림 13〉 測定狀況

갭과의 耐電壓變化의 時間差에 의하여 구하였다.

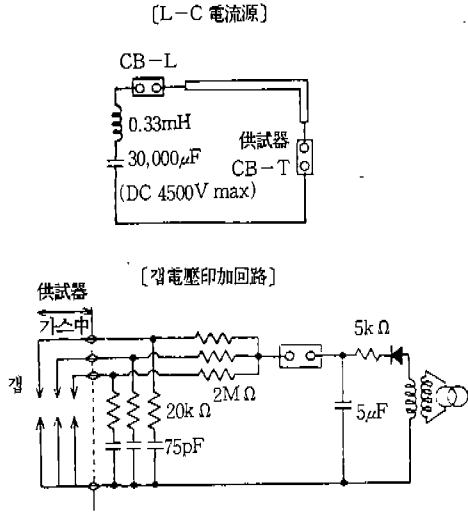
그림 12에서 1.0 pu가 封入壓力時의 브레이크다운電壓이며, 약 30kV이다. 이 그림의 커브에 의하여 실제의 熱가스下에서의 耐電壓變化를 密度變化로 환산한다.

또 實驗은 기본적으로 가스流를 조사할 목적으로 LC 電流源을 사용하여 그림 14의 試驗回路에서 실시하였다. 小갭部の 並列콘덴서에서의 流電時定數는 0.5ms이다. 측정점은 주로 그림 15의 V₁~V₇의 포인트에서 실시하였다.

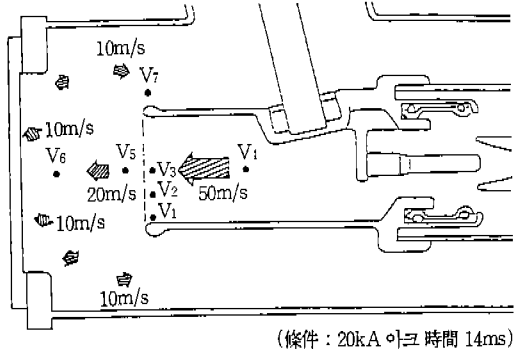
(b) 測定結果

그림 15에 표시하는 것과 같이 冷却筒에서 배출된 熱ガス는 冷却筒부근에서 급격히 密度低下하여 확산하여 간다. 또 冷却筒의 길이 및 단면적과 가스流速의 관계를 그림 16에 표시하였다. 같은 아크에너지에 있어서는 단면적이 적을수록 또 冷却筒길이가 길수록 가스流速이 빠라지고 있음을 알 수 있다.

다음에 3連갭과 冷却筒內外에서의 流速을 사용하여 개략적인 密度分佈를 그리는 方法을 그림 17에, 그리고 그림 18에는 小갭에 의한 電流零點時의 밀도분포를 표시하였다. 또한 이 方法에 의하여 구한 밀도분포의 예를 그림 19에 표시하였다. 이 분포도는 電流零點時의 것으로 封入密度보다 높은 부분은 사선으로 표시하였다. 이 분포도와 그림 18에서 測定時의 오실로그래프 예로 생각할 수 있는 熱ガ스의 흐름의 특징은 다음과



〈그림 14〉 小값 試驗回路概要



〈그림 15〉 冷却筒内外의 流速分布例

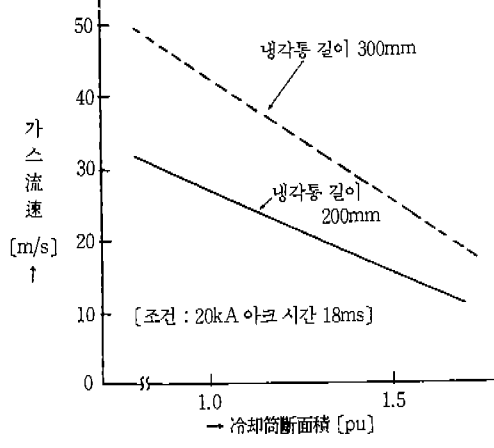
같다.

① 冷가스와 熱가스의 경계는 확실하며 垂直衝擊波的으로 冷却筒內를 進行하여 外부로 배출된다(熱가스가 冷가스를 밀어낸다).

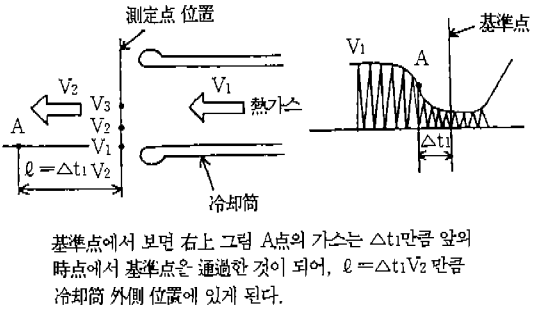
② 冷却筒의 中心軸上에서는 熱가스의 溫度는 높고 또 流速도 빠르기 때문에 冷가스의 壓縮傾向은 端部에 비하여 크게 된다.

③ 熱가스에 의하여 압축된 冷가스 密度는 封入密度에 비하여 최대 1.5배 이상으로도 되는 경우가 있다.

상기 ①~③의 傾向은 冷却筒이 가늘고 길수록 크며 이것은 가스流速과 관련이 깊다고 생각된다.



〈그림 16〉 冷却筒出口 부근의 流速變化



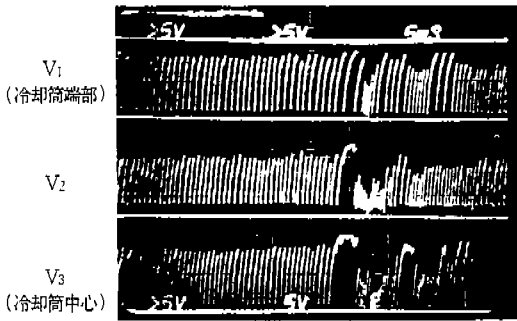
基準点에서 보면 右 上 그림 A点的 가스는 Δt_1 만큼 앞의 時点에서 基準点은 通過한 것이 되어, $l = \Delta t_1 V_2$ 만큼 冷却筒 外側 位置에 있게 된다.

〈그림 17〉 密度分布의 作成方法

또 가장 밀도가 낮은 부분은 중심축대칭이 되지 않고 중심에서 약간 어긋나 있다. 이 요인으로서 是 電磁力에 의하여 아크에 쏠림이 생기 는 것도 생각할 수 있다. 다 음으로 가스압이 일정하다고 判定하였을 경우의 온도 분포도의 예를 그림 20에 표시한다.

(c) 熱가스流를 수반하는 경우의 絶緣設計方法

絶緣性能은 그 부분의 電界強度와 가스밀도에 依하여 결정된다. 또 壓力이 일정한 조건 및 理想氣體의 범위(熱解離를 발생하지 않음)에서 생각하면 온도에 依하여 가스밀도가 결정되기 때문에 熱가스하에서 의 絶緣性能은 전계강도와 가스온도에 依하여 결정된다. 따



〈그림 18〉 3 連갑에 의한 測定例(20kA, 14ms時)

라서 요구되는 내전압성능에 대하여, 예를 들면 冷却筒의 어떤 부분의 電界強度가 정해지면 허용밀도 또는 허용온도(壓力一定條件下)가 정해진다. 가령 그림 21 과 같은 等電界圖를 그리면 電界가 같은 포인트는 要求耐電壓에 대한 허용온도도 같아지므로 熱가스의 허용온도분포를 볼 수가 있다.

따라서 그림 22 에 표시하는 방법에 의하여 冷却筒이나 베인콘택터部分의 熱가스解析에 의한 온도, 밀도분

布와 等電界線圖에 의한 허용온도 및 밀도분포를 비교 검토함으로써 熱가스하에서의 절연설계는 가능하게 된다.

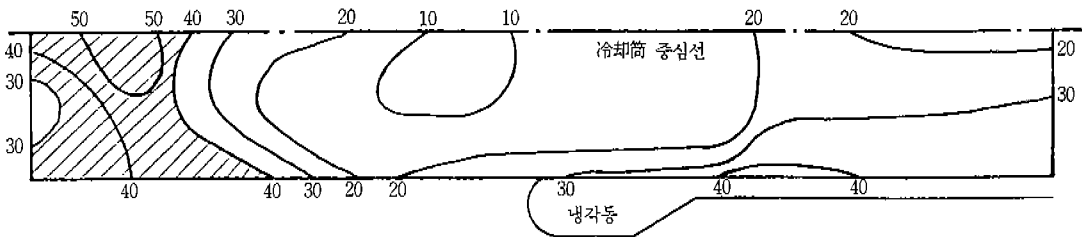
(3) BTF 短絡試驗

3相—括形의 GIS에서는 본래 3相의 실패하시험으로 短絡檢證을 할 필요가 있으나 設備의 형편상 몇 가지 合成試驗을 조합한 形能로 等價的으로 開發檢證을 하지 않을 수 없다.

여기서는 84kV, 31.5kA GIS에 대하여 이들 等價試驗과 실제로 네덜란드 KEMA試驗所에서 행한 實負荷試驗結果에 대하여 표시하였다.

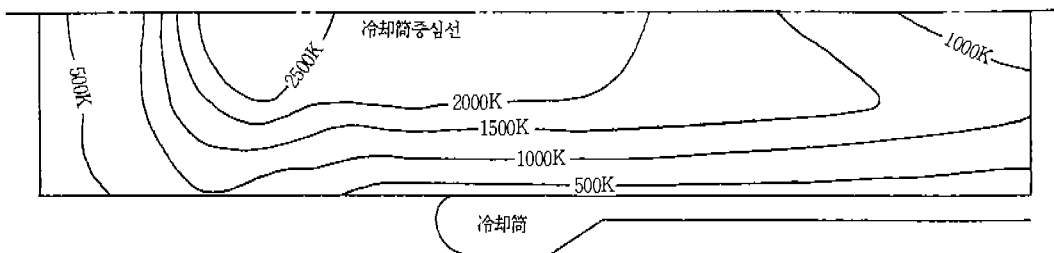
(a) 開發時의 檢證試驗

開發時에는 3相直流通電方式과 1相에 바이어스電壓을 가하여 相間絶緣을 模擬하는 방식(2相通電, 1相 바이어스)을 의 電流源에 의하여 3相을 직렬로 접속, 通電하여 最終相에 와일電壓源에서 過度回復電壓(TRV)을 가하여 차단시험을 한다.



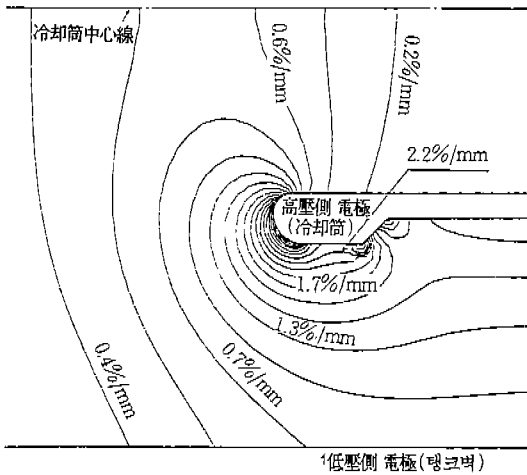
(그림중의 수치는 가스밀도 kg/m³, 아크 시간 18ms 20kA 時)

〈그림 19〉 갑에 의한 電流零點時의 密度分布

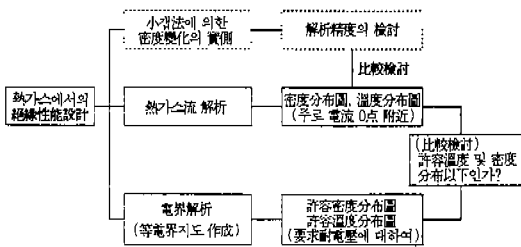


〈그림 20〉 溫度分布圖

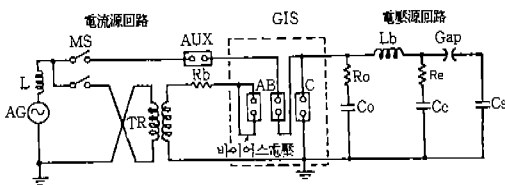
(아크 시간 20ms 20kA 時)



〈그림 21〉 冷却筒附近的等電界分布圖

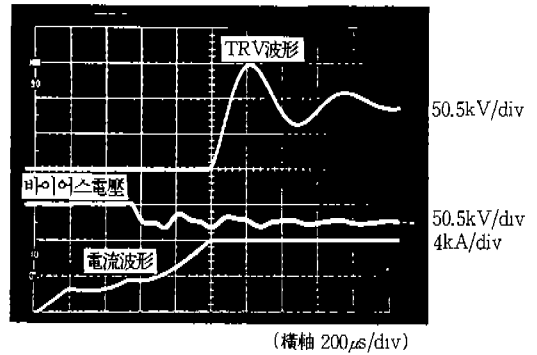


〈그림 22〉 아크에 의한 가스流下에서의絶緣性能設計方法



〈그림 23〉 複合試驗回路 (2相通電, 1相바이어스電壓印加)

그러나 이 방식으로는 相間的 回復電壓은 模擬할 수 없기 때문에 그림 23의 回路에 의하여 2相直列에 전류를 通電하고 나머지 1相에 바이어스電壓을 印加하여 相間回復電壓을 모의하는 複合回路를 응용하여 3相一括形의 檢證을 進行시켰다. 그림 24는 그 때의 TRV 波形이다.



〈그림 24〉 複合試驗時的電壓波形

(b) 合成試驗과 實負荷試驗

표 2에 KEMA시험소에서의 실무시험과 (株)明電舍의 短絡試驗所에서 실시한 外일合成試驗과의 差단 가능한 아크時間幅을 표시하였다.

이 결과로부터 實負荷試驗이 外일合成試驗에 비하여 1.1~1.6ms정도 最小아크時間이 짧게 되어 있다. 合成試驗時的 電壓源重疊電流가 SLF에서의 熱破壞領域에 대해서도 또한 BTF에서의 絶緣破壞領域에 대해서도 영향을 미치고 있다.

이것으로부터 外일合成試驗 쪽이 버퍼形가스 遮斷器에 있어서도 加害하므로 合成試驗으로 충분히 檢證함으로써 實負荷에 대해서는 문제가 없는 것으로 생각된다. 이들 性能差에 대하여는 電流零點時的 버퍼실린더의 壓力 및 아크空間의 가스溫度가 실무시험과 合成시험에서 미소한 차이가 있기 때문이라고 생각되나 今後 熱流體解析 등에 의하여 어느 정도 定量的으로 해명해갈 필요가 있어 검토를 해볼 예정이다.

4·1 SLF 遮斷

(1) SLF遮斷時的 現象

近距離線路故障(SLF)은 遮斷器端子에서 수백 m~수 km 떨어진 가공선로에서의 단락사고차단인 경우를 말한다.

차단전류 그 자체는 定格 BTF遮斷에 비하여 선로임피던스만큼 감소하지만 차단직후에 발생하는 선로측에서의 진행波 往復反射에 의하여 톱니 모양으로 된

〈표 2〉 各試驗條件에서의 아크 시간 一覽表

항 목			아크 시간(ms)					
			10	12	14	16	18	20
GIS	84kV 31.5kA BTF Duty4	와일합성 (明電)		1.6	11.6			21.5
		KEMA 實負荷	10.0					19.0
탱크形	72.5kV 31.5kA SLF90	와일합성 (明電)			10.6			21.0
		KEMA 實負荷	9.5	1.1				17.5

대단히 높은 상승률의 過渡回復電壓이 極間에 나타난다.

아크의 冷却能力(아크損失)에 대하여 이와 같은 대단히 높은 상승률의 過渡回復電壓에 의한 아크에너지의 注入量이 큰 경우, 아크空間의 온도가 재차 상승하여 熱破壞에 이르게 된다. 따라서 SLF遮斷의 成敗는 전류차단 직후의 殘留電流領域에서 이 높은 線路側電壓上昇에 의한 아크에너지 注入에 대하여 어떻게 아크空間을 빨리 냉각시키는가가 중요하다. 이들의 설계 및 평가기술에 대하여 다음에 기술한다.

(2) SLF 遮斷에 대한 消弧室設計

SLF遮斷時의 電流零點前의 電流變化率[di/dt]와 차단후 極間의 과도회복전압상승률[dl/dt] 및 버퍼室의 壓力 [P]사이에는 다음의 관계가 성립한다.

$$PA=K(dv/dt) \cdot (dl/dt)^B$$

버퍼形 GCB에서는 A≒1~2, B≒2~3의 범위로 되며 값은 가스 자체의 특성에 의하여 결정된다.

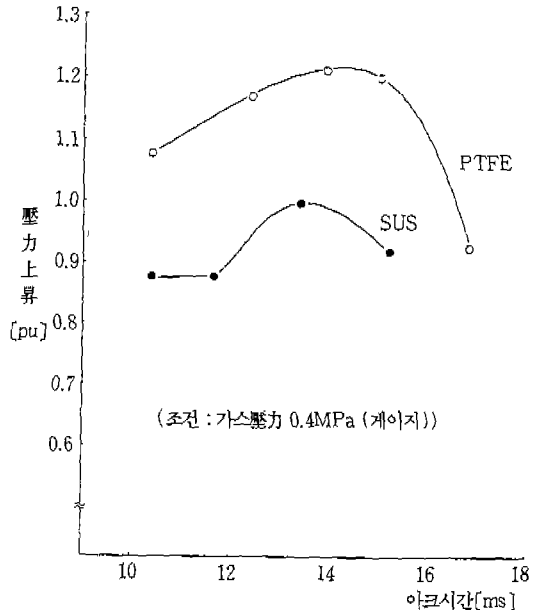
또 K는 消弧室의 구조적 요인에 의하여 주로 결정되는 계수이다.

이 식으로부터 높은 線路側回復電壓의 상승률(dv/dt)이라든가 전류(di/dt)를 차단하고자 하는 경우에는 電流零點부근에서의 버퍼실린더壓力 P를 보다 높게 해두는 것이 중요하다는 것을 알 수 있다. 따라서 SLF에 대한 설계의 기본적인 요소로서 우선 아크에너지를 유효하게 이용하고 電流零點부근에서 보다 높은 壓力

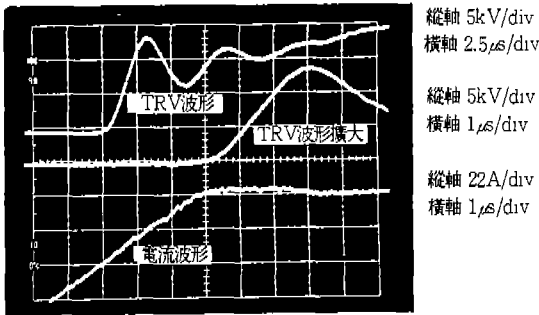
를 얻을 수 있는 構造 및 流路의 고정화를 들 수 있다. 구체적인 설계방법으로서는 熱가스流解析을 하는데, 특히 버퍼壓力 P가 電流零點時에 보다 높게 되도록 실린더徑 등의 최적화를 기한다.

다음으로 노즐材料인 PTFE熱氣의 유효한 이용을 들 수 있다. 그림 25는 可動아킹의 流路가이드의 재질이 금속인 경우와 PTFE인 경우의 아크時間과 버퍼실린더壓力上界의 관계를 나타낸 것이다.

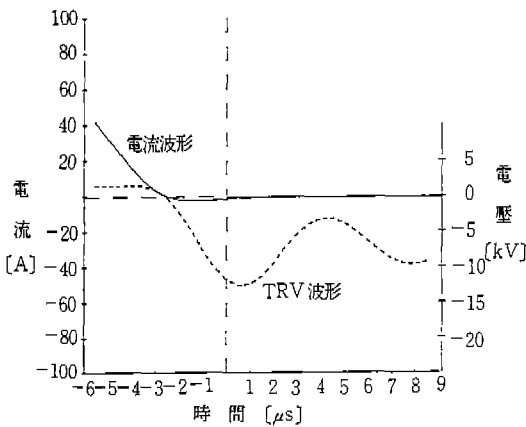
PTFE 蒸氣의 유효이용에 의하여 아크溫度를 저하



〈그림 25〉 流路가이드의 材質과 버퍼 壓力上昇值의 關係



〈그림 26〉 短絡試驗時實側波形



〈그림 27〉 Mayr 式에 의한 解析

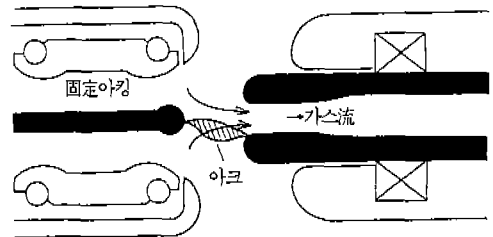
시켜 壓力上昇을 높이는 것이 가능하게 됨으로써 熱的인 차단성능도 향상되었다고 생각할 수 있다.

(3) SLF 遮斷性能과 評價技術

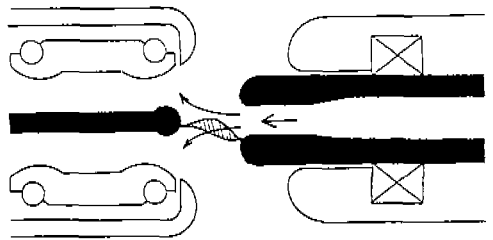
SLF 性能의 평가로서 종전부터 사용되고 있는 것은 전기회로중에서 아크의 전기적특성을 마이크로로 취급하는 巨視모델을 사용하여 다음(a)~(c)의 항목에 대하여 검토하는 것이다.

- (a) 裕度評價(遮斷限界値의 추정)
- (b) 다른 回路條件에 대한 遮斷性能의 추정
- (c) 다른 供試器條件상호의 熱破壞性能에 대한 相對評價

電流零點 근방의 가스溫度는 수천k 정도이고 온도에 대하여 지수함수적으로 아크抵抗이 변화하는 영역이다.



(a) 흡입 方式



(b) 버퍼 方式

〈그림 28〉 루프 電流基礎檢證用 모델 斷路器

이러한 충분한 전리가 진행되어 있지 않으며 導電率이 급격히 변화하는 溫度零域은 Mayr方程式에 의하여 비교적 근사하게 할 수 있다.

따라서 SLF에 있어서의 熱破壞領域의 模擬는 Mayr式을 베이스로 한 것에 의하여 계산된다.

그림 26, 그림 27에 電流零點부근에서의 전류, 저압의 실측치와 Mayr式에 의한 解析例를 든다. 이와 같은 解析을 사용함으로써 例를 들면 서지인피던스와 遮斷限界 등에 대한 검토가 가능하게 된다.

〈표 3〉 루프 電流開閉에 대한 要求性能과 消弧方式

要求性能	消弧方式의 特徵
〈構造的 要因〉 ① 小形(直徑, 可動部質量) 이고 비교적 간단한 構造일 것 ② 操作力 및 開路速度가 작을 것 〈電氣的 要因〉 ① 熱가스下에서의 絕緣性能이 良好한 것.(결과적인 冷却方式에 의한 開離度 低減) ② 아크接觸子の 低摩耗化	① 吸入方式의 채용 · 低操作形 吸入方式 · 吸入타이밍을 開離直前으로 함으로써 操作力低減 ② 中心아킹 아크를 中心軸上에 點弧시킴으로써 熱ガ스를 효율적으로 除去

5. 斷路器의 電流開閉技術

斷路器의 消弧方式은 並切, 吸入, 버퍼方式 등 여러 가지이나 여기서는 루프電流開閉에 대하여 그림 28에 표시하는 吸入 및 버퍼方式의 消弧性能에 대하여 기술한다.

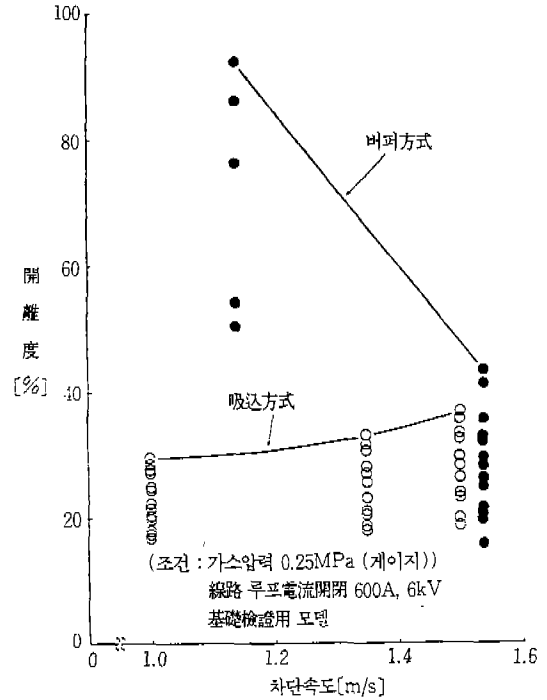
루프전류개폐인 경우에 요구되는 성능 및 現狀 루프電流開閉에 대하여 사용하고 있는 消弧方式의 특징에 대하여 표 3에 표시하였다.

루프電流開閉는 線路루프와 複母線루프가 있으나 그림 29는 線路루프電流에 대하여 吸入方式과 버퍼方式에 의하여 시험한 결과이다.

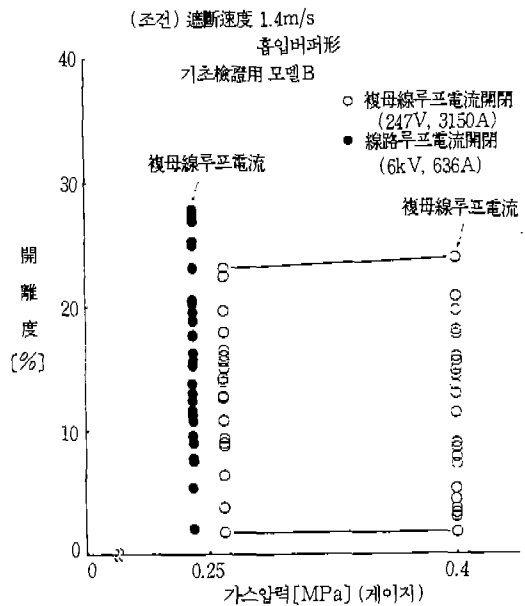
루프電流開閉時, 斷路器極間에 상당한 熱가스가 발생한다. 電流零點前 및 殘留電流領域에서 아크에너지 注入量에 비하여 冷却能力이 하회하고 있으며 아크空間은 再加熱하여 절연과괴가 생겨 차단불능이 된다. 아킹을 중심에 배치하는 懸行방식에서는 아크가 軸의 중심부근에 고정된다. 따라서 그 부분에 집중하여 吸入가 스를 발생시키면 효과적으로 아크空間을 冷却하게 되어 開離度도 작아져 차단할 수 있도록 한다. 한편 동일한 방식이라도 버퍼타입에서는 성능이 대폭 저하된다. 이것은 開離位置부근에서는 아직 실린더의 壓力이 낮아, 流量이 적고 또한 吹出한 가스에 의하여 熱가스를 외부로 확산시키기 위하여 아크冷却能率이 나쁘기 때문이다. 開極과 동시에 비교적 강한 가스流에 의하여 熱가스를 실린더 내에 끌어 넣는 吸入式쪽이 훨씬 효과가 좋을 수 있다.

다음으로 吸入方式에서 가스壓力을 파라미터로 하였을 때의 線路루프와 複母線루프의 消弧性能에 대하여 그림 30에 표시한다.

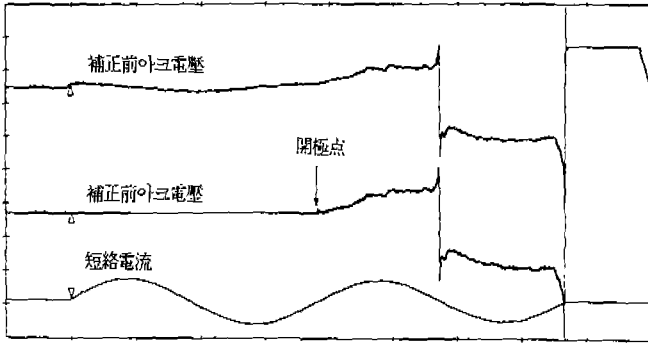
이 그림으로부터 複母線루프에 대해서는 가스壓力을 0.4MPa(게이지)로부터 0.25MPa(게이지)로 壓力을 저하시켜도 消弧性能은 거의 변화가 없다. 또 線路루프의 消弧性能은 複母線루프 遮斷時에 비하여 開離度에서 약간 떨어지는데 이것은 TRV條件의 過酷함이 영향을 미치기 때문인 것으로 생각된다.



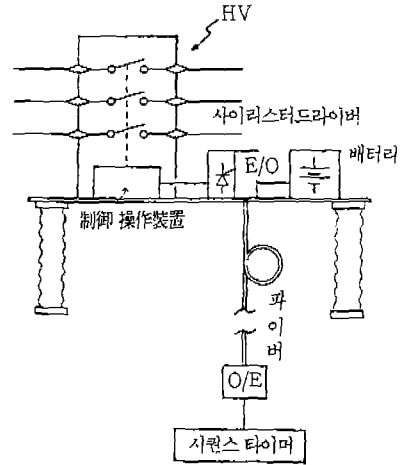
〈그림 29〉遮斷速度와 開離圖의 關係



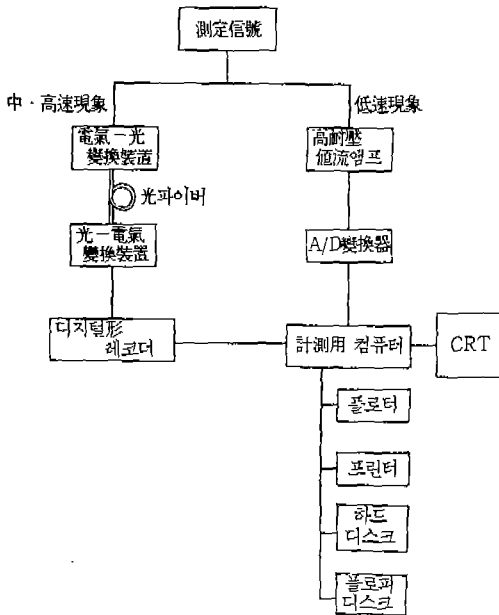
〈그림 30〉가스壓力과 開離度의 關係



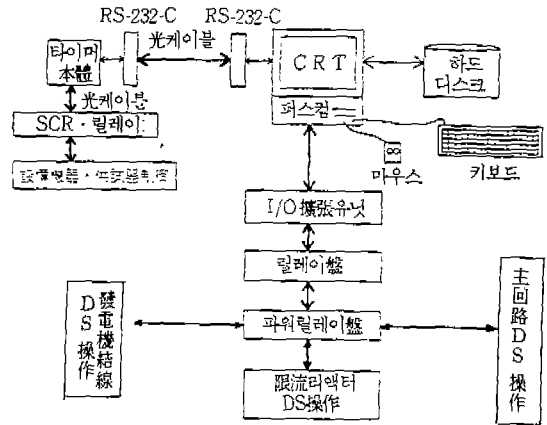
〈그림 31〉 아크電壓波形



〈그림 33〉 斷路器試驗制御回路圖



〈그림 32〉 自動計測시스템 構成



〈그림 34〉 短絡試驗支援 엑스퍼트시스템

6. 短絡試驗技術

가스遮斷器의 遮斷性能檢證에 대한 短絡試驗技術로서 전류, 전압, 압력, 아크에너지 등의 측정을 들 수 있

다. 예를 들면 SLF차단시에는 殘留電流(數A 오더)와 선로측 TRV波形과 壓力上界를 程度높게 측정할 필요가 있다.

아래에 그 개요에 대하여 소개한다.

6·1 아크 에너지 計測

SF₆ 가스 開閉裝置의 해석에 있어서 단선시험시에

발생하는 아크에너지는 중요한 파라미터의 하나이다. 아크에너지는 시험중에 발생한 아크전압과 차단전류의 각 데이터를 演算處理함으로써 얻을 수 있다.

본래 아크 電壓은 遮斷部の 콘택터間에서 測定하는 것이 이상적이다. 그러나 현실적인 방법으로는 開閉裝置의 入出力端子間에 의한 導體電壓降下分이 중첩되어 버려 主回路導體가 數m까지 미치는 供試器에 있어서는 무시할 수 없는 값이 된다.

이것의 해결방법으로서는 演算時에 開極前에 발생하고 있는 電壓降下 데이터로부터 入出力端子間的 導體 인피던스를 산출하여 그 결과물 기초로 補正處理하고 있다. 그 波形을 그림 31에 표시한다.

6·2 自動計測 시스템

自動計測시스템은 計測用 컴퓨터, 디지털 레코더, 高耐壓直流 앰프, 電氣-光變換裝置 등으로 構成된다. 試驗結果는 시험후 즉시 波形表示됨과 동시에 해석결과가 출력된다. 시스템構成을 그림 32에 표시한다. 測定信號는 商用周波數레벨의 低速信號(DC~數kHz 이하)나 過渡回復電壓과 같은 中·高速信號(數kHz~數MHz)와 같이 現象速度別로 나누어 계속하여 처리하고 있다.

또 SLF의 殘流電流 등을 高精度로 측정하고자 할 경우 와일合成試驗에서는 電壓原側에 선트를 설치한다. 이 경우 선트는 高壓이 되고 또한 高周波이기 때문에 이들 諸量을 精度 높게 측정하기 위하여서는 光파이버에 의한 측정이 필요하게 된다.

또한 계측기, 컴퓨터의 절연대책으로서 절연변압기, 노이즈컷 변압기를 사용하고 또 信號雜音對策으로서 光變換裝置 高耐壓直流 앰프로 플로팅화를 기하고 있다.

6·3 斷路器의 루프電流開閉試驗法

斷路器의 루프電流開閉시에는 極間的 電流開閉能力은 물론 電流開閉時의 熱가스에 의한 가스密度低下에 의하여 對地間絶緣 등에 대한 악영향이 미치지 않음을 확인해 둘 필요가 있다. 다음에 그것을 확인하기 위한 시험방법에 대하여 기술한다. 그림 33에 표시하는 것

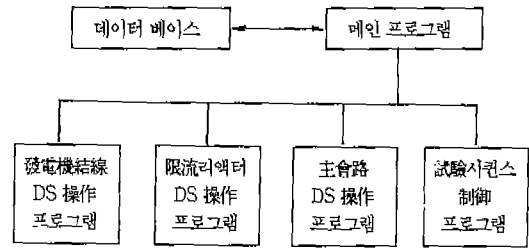
과 같이 實系統에서의 현상을 모의하기 위하여 GIS 탱크에 常規對地電壓을 거는 回路에 의하여 熱가스에 대한 對地間絶緣을 검증하고 있다.

이 方式에서는 制御·操作電源으로서 배터리를 사용하며, 光制御사이리스터 드라이버와 함께 絶緣架臺위에 설치하고, 광파이버를 통하여 光指수를 주는 시스템으로 高耐壓化를 도모하여 대응하고 있다.

6.4 短絡試驗支援 엑스퍼트시스템

그림 34에 短絡試驗支援 엑스퍼트시스템의 하드웨어 構成圖를 표시한다. 본시스템은 1臺의 퍼스널컴퓨터로 試驗시퀀스 制御用타이머 및 發電機·限流리액터·主回路構成用 斷路器 등을 제어 가능하도록 되어 있다.

다음에 본시스템의 소프트웨어 構成圖를 그림 35에 표시한다. 이 시스템은 시험방법·차단기의 정격事項 등을 순차적으로 對話形式으로 入力함으로써 各機器의 조건이 자동적으로 선택되어 動作하는 방식으로 되어 있다.



7. 맺음말

가스遮斷器의 小電流, 大電流領域에서의 차단성능에 대한 설계, 신뢰성평가의 基礎技術에 대하여 기술하였다. 또 遮斷器라든가 短絡試驗技術에 대하여도 그 개요를 소개하였다. 앞으로는 이들 基礎技術을 더욱 충실히 도모하고 신뢰성향상과 축소화를 추진하고자 한다.

(株) 明電舍發行 明電時報 轉載