

技 術 解 說

# 避雷器의 適用과 試驗

辛 大 承\*

目 次

- 1. 避雷器의 適用
- 2. 避雷器의 試驗
- 3. Gapless避雷器
- 4. 맺는말

## 1. 避雷器의 適用

### 가. 避雷器의 機能

避雷器는 電力設備과 機器를 異常電壓, 主로 雷 surge와 開閉 surge에서 保護하는 것이다. 避雷器의 特性은 異常電壓侵入으로 그 端子電壓이 一定電壓 level 以上으로 上昇했을 경우에 빨리 動作해서 保護 level 以下로 異常電壓을 抑制하는 機能과, 異常電壓處理後原狀態로 自動적으로 回復(續流遮斷)하는 機能을 갖는 것이다. 例를 들면 弁抵抗形避雷器(Value Arrester)는 直列 gap과 非直線抵抗體인 特性要素를 主構成要素로 하여 密封容器에 收納한 構造로서 直列 gap이 異常電壓을 遲延없이 放電시켜 電流通路를 만들어 電壓을 抑制하고 또 繼續해서 系統에서 흘러 들어오는 電流, 即續流를 直列 gap이 特性要素의 힘을 빌어 遮斷하게 된다. 弁抵抗形避雷器는 通常 여러개의 直列 gap과 여러개의 特性要素를 直列로 接續하여 所定の 定格電壓을 얻도록 되어 있어서 直列 gap과 特性要素의 效果的인 組合으로 優秀한 避雷器가 構成되는 것이며 그 한쪽만 이 優秀해도 좋은 避雷器가 될 수 없다.

一般으로 避雷器가 機能을 充足시키기 위해서는 直列 gap과 特性要素는 적어도 다음의 機能을 具備해야 한다.

- 異常電壓侵入에 對해 適正하고 遲延없는 放電特性을 가질 것.
- 放電後 surge 電流通電時에 端子電壓을 一定 level 以下로 抑制할 것.
- 異常電壓處理後 續流를 遮斷하여 回復하는 能力

을 가질 것.

- 反復動作에 의해 特性變化가 없을 것.

### 나. 避雷器의 構成要素

在來式 value形 避雷器의 構成要素는 基本的으로 續流를 制限하는 直列抵抗, 遲延없는 放電에 의한 保護效果和 續流遮斷을 保證하는 直列 gap 및 性能維持를 위한 氣密構造로 構成된다. 이들 各要素는 그 機能을 效果的으로 發揮하기 위해서, 直列抵抗은 非直線特性을 갖게 하고, 續流遮斷을 쉽게 하기 위해 多重 gap을 一般으로 採用하고 있다. 또 避雷器燒損의 경우에 各要素의 爆發의 飛散에 의한 二次의 損傷을 막기 위하여 防爆構造가 一般化되고 있다.

#### 1) 直列 Gap

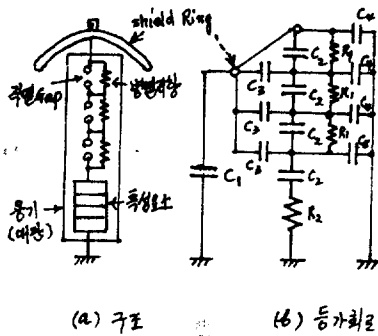
直列 gap은 過電壓을 時間遲延없이 放電함에 의해 電力設備을 保護함과 同時에 續流를 재빨리 遮斷하여 電力의 圓滑한 輸送에 支障이 없도록 하고 또 避雷器自體의 過熱에 의한 損傷을 防止하는 機能을 가지며 多重 gap으로 構成된다.

避雷器의 保護能力向上과 續流遮斷能力의 向上은 一般으로 相反한 것으로서 保護能力의 向上을 위해서는 放電電壓이 낮을 수록 좋고, 續流遮斷能力의 向上을 위해서는 放電電壓(即 gap間的 回復電壓)은 높을 수록 좋다.

이들 相反된 要求의 解決을 위해 雷 surge 即 MHz 程度의 高周波 surge 電壓은 낮게 放電시키고, 續流遮斷時의 商用周波回復電壓에 對해서는 높은 絕緣回復特性을 維持하도록 直列 gap의 分擔電壓에 周波數特性을 갖도록 하고 있다.

避雷器의 周波數特性은 抵抗과 容量에 의해 發揮되

\*正會員 : 韓國電氣通信研究所 電力試驗部長



- $C_1$ : Shield Ring의 大地間 정전전용
- $C_2$ : 直列 gap間 정전용량
- $C_3$ : Shield Ring과 電極間 정전용량
- $C_4$ : 電極과 大地間 정전용량
- $R_1$ : 並列抵抗
- $R_2$ : 特性要素의 抵抗

그림 1. 피뢰기와 등가회로

목 한다. 예를 들면 그림 1(a)와 같은 並列抵抗을 가진 避雷器를 보면 그 電氣의 等價回路는 그림 1(b)와 같다.

直列 gap의 並列抵抗體는 常規運轉電壓에서 흐르는 電流에 의한 發熱과 放電時의 熱容量制限 등으로 Mega Ohm 程度의 것이 쓰이는데 대해 각 gap의 漂遊容量의 雷 Surge에 對한 impedance는 Kilo Ohm 程度로 낮아서, 이 때문에 雷 surge에 對해서는 不均等한 大地容量의 影響을 받아 각 gap間分擔電壓은 不均等分布가 되고 그 結果로 낮은 電壓에서 放電을 하게 된다. 한편 商用周波電壓에 對해서는 漂遊 impedance는 數 10 Mega Ohm이 되어 大地에 對한 漂遊容量에 의한 unbalance는 並列抵抗體의 漏洩電流로 補償되어 gap의 電壓分擔은 均等해지므로 gap의 續流遮斷能力은 不均等 할 때보다 훨씬 높아진다.

따라서 比較的 낮은 衝擊放電開始電壓과 높은 續流遮斷能力을 갖게 된다.

2) 特性要素

特性要素는 侵入한 surge 電壓에 放電後 大地에 放電하는 surge 電流에 對한 避雷器端子電壓 即 制限電壓을 낮게 抑制하고, 이 放電電流에 이어서 흐르는 續流를 制限하여 直列 gap이 遮斷하기 쉽도록 하는 目的으로 쓰인다. 歷史적으로는 처음에 單純한 直列抵抗體의 使用에서 進歩하여 水酸化 Al의 作動薄膜의 value 作用利用, Oxyde film의 value 作用의 利用을 거쳐서 1920 年頃に 炭化硅素(SiC)를 主成分으로한 燒成抵抗板이 避雷器에 처음 利用된 以來 現在까지 많이 쓰이고 있다.

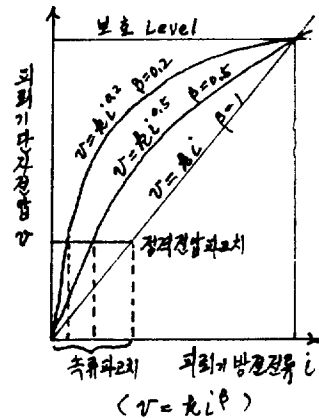


그림 2. 非直線係數와 續流波高值

그림 2는 同一保護能力을 갖는 特性要素의 非直線係數와 續流의 制限效果를 나타낸 것이며 非直線係數  $\beta$ 가 적을수록 續流制限效果가 크다. 現在一般으로 쓰이는 發變電所 避雷器의 非直線係數는 0.25 以下이며 그 放電耐量은 衝擊波耐量으로 100KA 2回, 繼續時間 2ms, 150A의 矩形波電流 20회를 견딜 수 있다.

SiC 特性要素는 SiC를 主成分으로 하고 結合劑와 水分을 均等하게 混合하여 press로 壓縮成形 시킨 것을, 通常 1,200~1,300°C 程度로 10~40時間 燒成하여 製作한다. 燒成된 SiC는 必要에 따라 平面研磨 後 Met-alicon으로 電極面을 形成한 후 電擊으로 安全化시킨다. 燒成된 그대로의 SiC는 SiC 粒子間에 얇은 絶緣被膜이 있어 抵抗이 높기 때문에  $(1\sim4) \times (3\sim7)\mu s$ , 15KA 程度의 衝擊電流를 흘려 絶緣被膜을 破壞, 安全化시킨다.

3) 氣密構造

氣密構造는 直列 gap의 放電에 의한 保護能力의 確實성과 續流遮斷能力의 確保에 必要不可欠한 構造로서 溫度, 濕度 및 大氣壓 등의 氣象條件變化에 不拘하고 一定한 放電特性을 維持하며 또 濕氣에 따른 gap間漏洩抵抗의 減少나 不均等に 따른 각 gap間의 商用周波數分擔電壓의 unbalance를 막는다. 一般으로 磁器導管에 乾燥 gas(窒素等)를 封入하여 安定된 放電特性을 長期間維持하도록 하고 있다.

4) 磁氣吹消形

現在の 避雷器의 主流를 이루는 것은 磁氣吹消形이며 1950年代부터 採用되고 있다. 이 方式의 採用으로 避雷器는 雷 surge에 對한 保護뿐 아니라 開閉 surge의

吸收處理가 可能해졌으며 그 保護性能이 越等하게 向上됨으로써 超高壓直接接地系統의 低減絕緣機器의 保護가 可能해졌다. 永久磁石 또는 電磁 coil의 磁界에 의해 續流 arc를 驅動伸長시켜 消弧함으로써 續流遮斷을 쉽게하는 方式이다.

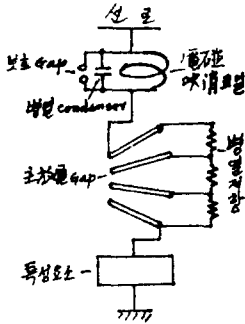


그림 3. 磁氣吹消形

磁氣吹消形避雷器의 한 例를 그림 3에 보인다. surge 電壓이 들어오면 主放電 gap이 放電하여 特性要素를 通해 大地에 放電한다. 이 放電電流는 雷電流의 경우 高周波, 大電流이므로 磁氣吹消 coil의 端子電壓은 매우 높아져서 保護 gap이 放電하여 by-pass시킨다. 放電電流가 消滅되면 이어서 續流가 흐르게 되지만 이 續流는 商用周波電流이므로 低周波數, 小電流이며 磁氣吹消코일의 端子電壓은 매우 낮아져서 保護 gap의 arc는 急速히 自然消弧하고 續流는 磁氣吹消코일에 흘러서 磁束이 發生하여 主放電 gap에 發弧한 arc는 急速히 驅動伸長되어 冷却되면서 絶緣이 回復, 消弧되므로 續流는 遮斷된다.

다. 避雷器의 選定

雷 surge나 開閉 surge에 對해 電力機器의 絶緣을 保護하고 電力供給信賴度를 向上시키기 위해서는 避雷器를 올바르게 選定하여야 한다. 여기서는 發變電所 避雷器의 選定에 對해서만 說明한다.

1) 定格電壓의 選定

避雷器의 定格電壓은 續流電壓으로서 定格電壓 以上에서는 續流遮斷이 안되는 것이므로 定格電壓은 系統電壓과 그 過電壓에 의해 定해진다. 系統의 過電壓에는 surge 性인 雷過電壓 및 開閉過電壓과, 商用周波의 短時間過電壓이 있으며, 前者는 避雷器가 保護할 對象이 되는 것이다. 後者는 系統의 地絡事故, 負荷遮斷, 共振等으로 發生하는 過電壓이며 持續時間은 數 10ms~

數 sec로 길어서 避雷器가 處理할 電壓은 아니다. 따라서 原則上, 定格電壓은 이 短時間過電壓 以上으로 해야 하며, 系統最高許容電壓下에서 1線地絡事故가 生겼을 때의 健全相對地電壓에 약간의 裕度를 가진 電壓으로 해야 한다. 即, 定格電壓  $E_R(KV \text{ r.m.s})$ 는

$$E_R = \alpha \cdot \beta \cdot \frac{V_m}{\sqrt{3}} = k V_m$$

但,  $\alpha$ : 接地係數(非接地系에서는  $\sqrt{3}$  前後이고 有效接地系에서는  $(0.65 \sim 0.81) \times \sqrt{3}$  前後이다)

$\beta$ : 裕度(一般으로 1.1~1.15)

$$V_m: \text{系統最高許容電壓(公稱電壓} \times \frac{1.2}{1.1}) \text{(KV)}$$

$k$ :  $V_m$  系統에 대해  $E_R$ 인 避雷器를  $k\%$  避雷器라 함.

따라서 非有效接地系에서는  $\alpha = \sqrt{3}, \beta = 1.15$ 이므로  $k = 1.15$ 가 되어 115% 避雷器를 適用하고 有效接地系에서는  $k = (0.65 \sim 0.81) \times \sqrt{3} \times 1.15 \approx 0.8 \sim 1.0$ 가 되므로 80~100% 避雷器를 適用하는 것이 一般이다.

이와 같이 定格電壓이 一旦 決定되더라도 被保護機器와의 絶緣協調를 檢討해야 한다. 選定한 避雷器의 保護 level과 被保護機器와의 裕度는, 衝擊電壓에 對해서는 大體로 20%, 開閉 surge에 對해서는 大體로 15%가 一般으로 標準으로 생각되는 裕度이다. 即 避雷器의 特性表에서 求한 100% 衝擊放電開始電壓과 公稱放電電流에서의 制限電壓은 被保護機器의 BIL 보다 約 20% 낮아야 하며, 開閉 surge 放電開始電壓은 機器의 開閉 surge 耐電壓值(變壓器는 BIL  $\times 0.83$ 程度)보다 約 15% 낮아야 한다.

以上の 檢討로 協調가 잘됨이 確認되면 避雷器定格電壓은 決定된다.

2) 公稱放電電流의 選定

避雷器에 放電電流가 너무 크게 흐르면 避雷器는 破損되며 한번에 破損되지 않더라도 一定限度를 넘은 電流가 反復해서 흐르면 劣化되어 損傷을 입는다. 反復電流에 劣化되지 않고 그 保護性能과 自復能力을 유지할 수 있는 限度電流를 公稱放電電流라하며 波高值로 表示한다. 이 公稱放電電流는 電擊頻度, 線路의 雷遮蔽狀況等에 따라 決定된다. 記錄에 의하면 避雷器 1臺當의 雷放電電流는 配電線路에서 1KA 以上은 約 20年에 1回, 2KA 以上은 50年에 1回, 3KA 以上은 100年에 1回의 比率로서 1KA 以下가 約 95%를 占有하며, 發變電所에서도 5KA 以下가 95%를 占한다. 위 實績統計로 보아 發變電所用 避雷器는 公稱放電電流 10KA로 充分하고 雷雨日數가 적은 地域(IKL 10 以下)은 5KA를 適用해도 無關할 것이나 154KV 以上의 系統과 같이 低減絶緣을 採用한 系統에서는 開閉 surge 處理

能力이 있는 10KA 避雷器를 쓰는 것이 一般이다(10KA 以上 피뢰기에서만 開閉 impulse 放電開始電壓值가 規制되어 있음).

여기서

JEC(Japanese Electrotechnical Commission) 203, 1978.

ANSI(American National Standards Institute) C62.1, 1975.

IEC(International Electrotechnical Commission) 99-1, 1970.

이며 英國의 B.S나 獨逸의 VDE 規格의 內容도 上記 3規格과 別差異 없는 것으로 생각된다.

## 2. 避雷器의 試驗

### 가. 國際規格比較

避雷器의 重要試驗項目에 對한 國際規格을 比較하면 <表 1>과 같다.

표 1. 避雷器重要試驗項目 比較

規 格 項 目	JEC-203(1978)	ANSI-IEEE C 62.1 (1975)	IEC 99-1 (1970)
1. Impulse電壓波 形	1×40μs 裕度: $T_f: \pm 50\%$ $T_i: \pm 20\%$	1.2×50μs $T_f: \pm 30\%$ $T_i: \pm 20\%$	1.2×50μs $T_f: \pm 50\%$ $T_i: \pm 20\%$
2. 商用周波數 放電開始電壓	乾燥 및 注水에서 各 10回 定格電壓의 1.5倍 以上	乾燥 및 注水에서 各 定格電 壓의 1.5倍 以上 (但 60KV 以上은 1.35倍 以上)	乾燥 및 注水 各 5回 定格電 壓의 1.5倍 以上 (但 10KA 重責務級은 協議의 의함)
3. 雷 impulse 放 電開始電壓	1) 100% 放電開始 乾燥 및 注水 正負 各 10回 2) 波頭放電開始 乾燥 및 注 水 正負 3波高值로 各 5回 V-t 曲線에서 0.5μs 點의 값. 100% 放電電壓의 1.15 倍以下 3) 下限值電壓 有效接地系에 適用 乾 燥 및 注水 各 10回. 規定 電壓에서 모두 放電 않음	1) 100% 放電開始, 乾燥 및 注水. 正負 各 5回. V-t 曲線에서 5回 모두 3μs 以 下에서 放電하는 電壓 2) 波頭放電開始. 正負 各 5 回. 一定 波頭峻度의 電壓 으로 試驗. (3KV以下: 10KV/μs 3~240KV: (100/12)KV/μs 240KV以上: 2,000KV/μs	1) 100% 放電開始 正負 各 5回 2) 波頭放電開始 正負 各 5回 標準波에서 規約波頭峻度 까지의 V-t 曲線作成 規 約峻度에서의 放電電壓 100 % 放電電壓의 1.15倍 以下
4. 開閉 impulse 放電開始電壓	10KA 避雷器에 만 適用 1) 放電開始電壓-時間特性 乾燥 및 注水 正負의 開閉 impulse 印加 100~1,000μs간 V-t 曲 線에서 250μs의 電壓이 規 定值 以下 2) 放電開始電壓 下限值 有 效接地系에 適用 乾燥 및 注水 正負 各 10回 規定波高值 250μs電壓에 모 두 放電 않음	波形 波頭 $(T_f)$ $\left\{ \begin{array}{l} 30 \sim 60 \mu s \\ 150 \sim 300 \mu s \\ 1,000 \sim 2,000 \mu s \end{array} \right.$ 波尾: 波頭長×2 $(T_i)$ 上記波形的의 50% 放電電壓의 1.2倍, 1.4倍로 正負 各 10 回. V-t 曲線을 만들고 30 μs時의 最大放電電壓	100KV 以上, 10KA級에 限 함. 波形: 左同 上記 各波形的의 50% 放電電 壓의 1.4倍로 正負 各 10回, V-t 曲線作成
5. 制限電壓 特性	分割單位 14KV 正負 各 10回 波形 8×20μs 公稱放電電流의 0.5, 1.2倍 公稱電流時의 制限電壓	分割單位 3~12KV 制限電壓이 크게 되는 極性 波形 8×20μs 放電電流: 1.5KA, 3KA, 5K A, 10KA, 20KA (2次回路用은 1.5KA, 5KA)	分割單位 3~12KV JEC와 同一

規 格 項 目	JEC-203(1978)	ANSI-IEEEC 62.1 (1975)	IEC 99-1 (1970)
6. 大電流放電耐量	1) 標準試驗 4×10 $\mu$ s 波形, 正 또는 負電流波高值(公稱值의 4倍) { 10KALA—40KA 5KALA—20KA 2.5KALA—10KA 印加回數: 2回(5分 間격) 前後에 商用周波放電開始電壓 및 制限電壓이 크게 變動않아야 함(變化中規制) 2) 特別試驗 4×10 $\mu$ s波 正 또는 負電流波高值 { 10KA~100KA 5KA~65KA 回數: 2回(5分間격)	波形: (4~8)×(10~20) $\mu$ s 電流波高值 { 發變電所用: 65KA 中間形: 65KA 配電用: 65KA 2次回路用: 10KA 試驗後 被試驗狀態와 電流電壓波形이 이상없어야 함	4×10 $\mu$ s波 電流波高值 { 10KALA—100KA 5KALA— 65KA 2.5KALA—25KA 1.5KALA—10KA 印加回數: 2回 商用周波放電開始電壓이 前後에 10% 以上 變化하지 않고 특성요소의 損傷이 없어야 함.
7. 長時間放電耐量	公稱放電電流 5KA 以下단 適用 電流波高值 { 5KALA—150A 2.5KALA—75A 波高值持續時間: 2,000 $\mu$ s 印加回數: 20回(2分間隔) 前後의 AC放電開始電壓, 制限電壓이 10% 以上 變하지 않고 特性要素가 이상 없어야 함.	放電電流 { 發變電所用 및 中間形: 定格電壓에 따라 6種類로 分類한 回路條件에서 送電線放電試驗으로 施行 配電用: 75A, 1,000 $\mu$ s 2次回路用: 實施  않음 印加回數: 5回×4 group 印加間격: (1분)/(15분)이하 前後의 AC放電開始電壓制限電壓이 10% 以上 變하지 않고 動作責務試驗을 1回 시행 속류차단가능 해야 함.	放電電流 { 10KA Heavy duty級: 系統에 따라 5等級으로 나누고 回路條件을 規制함. 10KA Light duty級: 150A, 2,000 $\mu$ s 5KA級: 75A, 1,000 $\mu$ s 2.5KA級: 50A, 500 $\mu$ s 1.5KV級: 실시  않음 印加回數: 5回×4 Group 印加間격: (50~60秒)/(25~30)分 前後의 AC放電開始電壓, 制限電壓이 10% 以上 變化않아야 함.
8. 動作責務試驗	1) 雷 surge 動作責務 電源電壓: 定格電壓 以上 放電電流: 8×20 $\mu$ s { 280KV級以下-公稱放電전류 420KV級—20KA surge 印加位相: 45~90° 印加回數: 同極性, 逆極性 各 5回 印加間격: 약 1분 分割單位: 14KV 以下 每回 續流遮斷하고 前後의 AC 放電開始電壓制限電壓이 10%以上 變化  않을 것. 2) 開閉 surge 動作責務 10KA級에 限해 適用 280KV 以下: 責務A(遮斷器	Valve Arrester 電源電壓: 定格電壓 以上 放電電流: 8×20 $\mu$ s의 公稱電流 印加位相角 및 回數 { 30°~360°...30° 間격으로 12回 15°~345°...30° 間격으로 12回 印加間격: 1分以下 分割單位: 3~12KV 每回續流 차단하고 前後의 AC放電開始電壓와 制限電壓의 變化가 10% 以下 (減少는 10% 以上도 可)	電源電壓: 定格電壓 放電電流: 8×20 $\mu$ s의 公稱電流 印加位相角: 60° 印加回數: 5回×4 Group 印加間격: (50~60초)/(25~30)분 每回續流 차단하고 前後의 AC放電開始電壓 制限電壓의 變化가 10% 以下

規格 項目	JEC-203(1978)	ANSI-IEEE 62.1 (1975)	IEC 99-1 (1970)
	再點弧模擬)에 해당 420KV級 : 責務 B (遮斷器再 投入模擬)에 해당 分割單位는 14KV 以下이고 放電電流는 규정 한 回路條件 에 의해 決定됨. 3) 斷路器開閉surge 動作責務 420KV級에 限함.		
9. 放壓試驗	碍子形 10KA級에 限함. 1) 大電流試驗 試驗電壓 : 系統電壓에 따라 피뢰기정격전압의 82, 78, 90% 試驗電流(對稱 rms值) { 定格放電電流 31.5KA—31. 5KA, 0.2초 定格放壓電流 50KA—50K A, 0.2초 試驗回路 : 短絡力率 0.1以下 (X/R>10)로서 第1波波高 值는 對稱實効值의 2.5倍 以 上일 것. 2) 小電流試驗 試驗電壓 : 피뢰기정격의 40 % 이상 試驗電流 : (rms) { 31.5KA級—0.3KA, 2秒 { 50KA級—3KA, 0.4秒 回路條件 : 通電後 0.1秒의 電 流가 규정치 ±20%일 것.	發變電所用 및 中間形에 限 함. 1) 大電流試驗 試驗電壓 : 定格電壓의 77% 이상 試驗電流(對稱 rms 值) ○發變電所用 { 3~15KV { CL 1—65KA { CL 2—25KA { 21~192KV { CL 1—40KA { CL 2—25KA { 240~294KV { CL 1—25KA { CL 2—25KA ○中間形 3~120KV CL3—16.1KA 通電時間 : 0.2秒 以上 放壓裝置動作時間 : 0.085 秒 이하 回路條件 : 第1波波高值가 實効值의 2.6倍 以上, X/ R> 15일 것 投入電流位相 : 0~20° 2) 小電流試驗 試驗電流 : 400~600A 通電時間 및 放壓장치 동작시 간 : 1秒以下	放壓裝置가 있는 것에 限함. 1) 大電流試驗 試驗電壓定格의 77% 以上 試驗電流(對稱 rms值) { A級(10KA)—40KA B // ( // KA)—20KA C // ( // KA)—10KA D // ( 5KA)—16KA E // ( // KA)— 5KA 試驗時間 : 0.2秒 回路條件 : JEC와 同一 2) 小電流試驗 試驗電壓 : 定格의 77% 試驗電流 : 800A 回路條件 : 通電 0.1秒후의 電 流가 800±10%이고 시험 기간中の 電流감쇠가 10% 미만일 것. 試驗時間 : 放壓裝置動作時까 지
10. Disconnecter 試驗	없 음	配電用에만 適用 1) 放電耐量, 動作責務試驗 : 이 시험시 動作하지 않을 것 2) 動作時間—電流特性試驗 試驗電流 : 20, 80, 200, 800 A(±20%) 方法 : 各 시험전류당 5개 이 상 시행하여(動作時間電流 group) 作成	Disconnecter가 있는 것에만 適用 1) 放電耐量 動作責務試驗 A- NSI와 同一 2) 動作時間—電流特性試驗 試驗電流 : 20, 200, 800A(± 10%) 方法 : ANSI와 同一

나. 避雷器의 型式試驗

1) 試驗項目

避雷器의 型式試驗項目은 規格에 따라 多少差異가 있으나 큰 差異는 없으므로 여기서는 JEC-203을 中心으로 說明하기로 한다. JEC에 의한 試驗項目으로는

- (1) 構造檢査 (2) 絶緣抵抗試驗 (3) 漏洩電流試驗 (4) 商用周波放電開始電壓試驗 (5) 雷 impulse放電開始電壓試驗 (6) 閉開 impulse放電開始電壓試驗 (7) 商用周波耐電壓試驗 (8) impulse耐電壓試驗 (9) 制限電壓特性試驗 (10) 雷 surge動作責務試驗 (11) 閉開 surge動作責務試驗 (12) 放電耐量試驗 (13) 放壓試驗 (14) 耐劣化性試驗 (15) 耐汚損形에 對해서는 汚損試驗 등이 있고 一般購買에 따른 檢査試驗에서는 上記項目中 (1) 構造檢査 (2) 商用周波放電開始電壓 (3) 雷 Impulse放電開始電壓試驗 (4) 漏洩電流試驗을 實施하도록 하고 있다.

以下에 各項目에 對해 그 試驗方法을 좀 더 詳細히 說明한다.

2) 構造檢査

避雷器組立狀態에서 構造의 缺陷이 없는지를 點檢하는 것이며 塗色과 塗裝의 良否, 渡金部分의 良否, 녹發生(發錆)有無, 各部의 seal, 磚管의 cementing, 各部 size, 付属品等에 特히 留意한다.

3) 絶緣抵抗試驗

兩端子間 및 避雷器를 分解하지 않고 測定可能한範圍를 되도록 작게 區分한 各區分에 對해 測定한다. 並列抵抗이 없는 것은 1,000V Megger로 1,000MΩ 以上인 것이 一般이다.

4) 漏洩電流試驗

直列 gap에 並列抵抗이 있는 避雷器에 對해서만 試驗한다. 避雷器定格電壓의 100%, 60%, 40%의 AC電壓을 印加하여 漏洩電流를 測定한다.

60% 電壓은 有効接地系의 常規對地電壓에, 40% 電壓은 非接地系의 常規對地電壓에 相當하는 電壓이므로 保守上參考가 되도록 이 電壓을 選定했다.

5) 商用周波放電開始電壓試驗

商用周波放電開始電壓은 回路의 持續性異常電壓을 對象으로 한 값이다. 持續性異常電壓으로 放電하면 續流遮斷不能이 되어 避雷器는 破損되므로 되도록 높은 수로 좋으며 避雷器定格電壓의 1.5倍 以上으로 定하였다.

乾燥 및 注水狀態에서 實施하며 避雷器가 放電하지 않는 낮은 電壓부터 되도록 빨리 電壓을 上昇시켜 放電開始放電을 直讀하여 모두 規定值 以上이어야 한다. 試驗回數는 10回, 試驗間隔은 2分間以內이다.

注水試驗時條件은 아래와 같다.

- a) 물방울의 狀態: 물방울은 個個의 直徑, 速度가 되도록 같고 空間的, 時間的 分布가 均等함.
- b) 注水角度: 被試品表面에 떨어지는 물방울의 投射角은 鉛直方向에 對해 約 45°임.
- c) 注水量: 注水量의 垂直成分은 3mm/min임.
- d) 抵抗率: 注水의 抵抗率은 50~120Ωm임.

6) 放 impulse電開始電壓試驗

이 試驗은 다음의 [A], [B], [C] 3가지로 한다.

[A] 標準雷 impulse 放電開始電壓試驗

이 試驗은 標準雷 impulse電壓에 對해 100% 放電을 開始하는지를 確認하는 目的으로서 被保護機器의 BIL과의 協調를 보기 위한 것이다.

乾燥 및 注水狀態에서 規定電壓(10,000A 制限電壓值의 約 95%)值의 正負兩極性의 標準波 impulse電壓을 各各 10회씩 印加하여 모두 放電을 開始해야 한다. 但 2回째 以後에 1回만 放電없는 경우에는 다시 同極性의 impulse電壓을 10回 印加하여 모두 放電을 開始하면 좋은 것으로 본다.

[B] 雷 impulse 放電開始電壓時間特性試驗

이 試驗은 近接雷와 같은 極히 높은 波頭峻度を 갖는 surge電壓에 對한 放電開始電壓의 값을 求하는 것과, 被保護機器와의 絶緣協調檢討에서 避雷器의 V-t 特性과 機器의 V-t 特性과를 比較하기 쉽도록 하기 위해 V-t 特性을 求하는 것이라는데 意義가 있다. 그림 4는 V-t 曲線의 한 例를 參考로 나타낸다.

乾燥 및 注水狀態에서 正負兩極性의 標準波雷 impulse 電壓으로 試驗하는데 적어도 3種의 波高值를 가진 電壓을 各 5回 印加하고 各回試驗值中되도록 높은 값을 連結하여 0.5~5μs에 걸치는 V-t 曲線을 만들어 이 曲線上의 0.5μs點의 放電電壓을 求하고 이값이 規定值(100% impulse 放電開始電壓의 1.15倍) 以下이어야 한다.

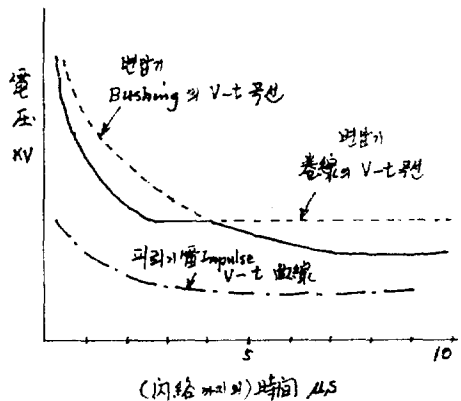


그림 4. 變壓器 퍼뢰기 V-t 曲線의 例

[C] 雷 impulse 放電開始電壓下限值試驗

이 試驗은 避雷器의 雷 impulse 放電開始電壓이 너무 낮을 경우 苛酷한 斷路器 surge 等に 不必要動作하여 避雷器劣化를 가져오는 일이 없도록 하기 위해 規定한 것이며 定格電壓의 裕度가 적은 有効接地採用에만 適用한다. 短絡電流가 큰 系統에서의 斷路器開閉 surge는 急峻한 雷 impulse에 가까운 surge가 되기 쉽고 또 雷 impulse 時間領域에서 避雷器의 V-t 特性이 低下하기 쉽기 때문에 下限值를 規定할 必要가 있다.

試驗은 乾燥 및 注水狀態에서 正負波標準 impulse 를 各各 10回 印加하여 各因 모두 放電해서는 안되며, 1回만 放電했을 경우에는 10回를 더 印加하여 모두 放電하지 않으면 좋은 것으로 한다. 印加電壓值는 規定值로하며 이 값은 系統最高電壓의 對地電壓波高值의 約 2倍로 되어 있다.

7) 開閉 impulse 放電開始電壓試驗

公稱放電電流 10,000A인 避雷器에 對해서 適用하며 다음 [A],[B]의 試驗을 한다.

[A] 開閉 impulse 放電開始電壓時間特性

이 試驗은 開閉 surge 處理가 可能한 10,000A에 對해서 行하고 被保護機器의 開閉 surge 耐電壓值를 넘는 有害한 surge에 避雷器가 放電할 수 있는지 確認하기 위한 것이다.

放電開始電壓值는 機器의 開閉 surge耐電壓值를 雷 impulse耐電壓值의 83%로 보고 이 耐電值에 對해 15% 程度의 餘裕를 갖도록 定하고 있다.

乾燥 및 注水狀態에서 正負開閉 impulse電壓을 印加하며 100~1,000μs에 걸친 V-t 曲線을 만들고 이 曲線上의 250μs에 該當하는 點이 放電開始電壓을 求해 이 값이 規定值以下이어야 한다.

[B] 開閉 impulse 放電開始電壓下限值試驗

이 試驗은 有効接地系에 쓰이는 避雷器에만 適用하며 낮은 電壓에서의 不必要한 放電을 막도록 이를 確認하기 위한 試驗이다.

乾燥 및 注水狀態에서 規定波高值(雷 impulse의 경우와 같은 값)를 가진 正負波의 波頭長 250μs인 開閉 impulse電壓을 各各 10回 印加하여 모두 放電하지 않아야 한다. (1回만 放電하면 追加로 10回하여 모두 放電않아야 함)

8) 商用周波耐電壓試驗

直列 gap 및 磁器容器等平常時와 動作時에 加壓되는 部分에 對해 別個로 行한다.

規定耐電壓值로 乾燥 1分間, 注水 10分間 印加하여 flashover 나 破壞되어서는 안된다.

9) impulse 耐電壓試驗

加壓部分은 商用周波耐電壓試驗과 같다. 規定電壓의

標準雷 impulse를 正負 各 3回, 乾燥 및 注水狀態에서 印加하여 flashover나 破壞를 일으키지 않아야 한다.

10) 制限電壓特性試驗

避雷器의 雷 surge에 對한 保護特性을 檢證하는 것이며 公稱放電電流에 對한 制限電壓值로 判定한다. 이 試驗은 分割單位로 行할 수 있다. 正負의 (8×20μs) 標準雷 impulse 電流로 公稱放電電流의 0.5, 1, 2倍를 돌려 그때의 制限電壓을 求하며, 公稱放電電流에서의 制限電壓值가 規定值(JEC에서는 定格電壓의 2.9~3.35倍) 以下이어야 한다.

11) 放電耐量試驗

이 試驗은 特性要素의 放電耐量을 檢證하는 것이며 分割單位로 試驗할 수 있고 다음의 [A], [B] 試驗을 各各 새로운 被試驗品으로 行한다.

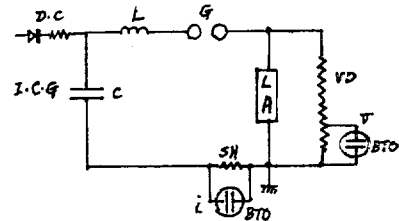


그림 5. 放電耐量 試驗回路

[A] 大電流放電耐量試驗

a) 標準試驗

- ① 放電電流波形 : 4×10μs, 正 또는 負波
- ② 放電電流波高值 : 試驗電流는 公稱放電電流의 4倍이다. (10KA 用→40KA)

③ 試驗問數 : 2回, 時間間隔 5分程度인 條件에서 試驗하여 試驗前後에 求한 AC 放電開始電壓의 5回平均値와 制限電壓이 實質的으로 크게 變化하지 않아야 한다. AC 電放電壓의 變化가 10% 以下, 公稱放電電流에 對한 制限電壓變化가 10KA, 5KA 用은 15%以內, 2.5KA 用은 25% 以內면 實質的變化가 없다고 본다.

6) 特別試驗

이 試驗은 特性要素에 對해 行하며 2.5KA用에는 省略한다.

放電電流波形 4×10μs의 正 또는 負波로 10KA 用은 100KA, 5KA 用은 65KA로 5分간격으로 2回行하고 貫通, 破壞, 外面 flashover가 없어야 한다.

[B] 長時間放電耐量試驗

長時間 계속하는 雷擊電流와 開閉 surge 放電電流에 對한 特性要素의 耐量을 檢證하는 試驗으로서 10KA 用은 開閉 surge 動作責務試驗에서 確認이 되므로 本試驗은 5KA 以下用에만 適用토록 JEC에서는 規定하고



있다.

繼續時間 2,000 $\mu$ s 以上의 正 또는 負波로서 電流波高值가 5KA 用은 150A, 2.5KA 用은 75A 인 矩形波를 2分間隔으로 20回 印加하여 貫通破壞等이 없으며 AC 放電電壓과 制限電壓이 前後에 10% 以上 變化하지 않아야 한다. (그림 6)

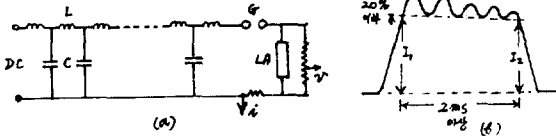


그림 6. 長時間放電耐量 試驗回路(a)와 電流決定法(b)

12) 動作責務試驗

本試驗은 雷 surge 및 開閉 surge에 對한 動作責務를 檢證하기 위해 行하며 分割單位로 施行할 수 있고 다음 [A] [B] 試驗이 있다.

[A] 雷 surge 動作責務試驗

이 試驗은 雷擊電壓에 對해서, 商用周波定格電壓이 걸린 狀態에서 數回의 雷衝擊을 받고 動作하더라도 그 責務에 건디고 續流를 遮斷하여 完全히 自體復舊하는 性能을 가졌는지를 檢證하는 試驗으로서, 避雷器를 AC 續流供給電源에 接續한 狀態에서 8 $\times$ 20 $\mu$ s 의 公稱放電電流를 印加하여 每回續流가 遮斷되고 또 公稱放電電流에서의 制限電壓과 AC 放電開始電壓이 各各 10% 以上 變化하지 않음을 檢證한다.

試驗條件으로는,

- ① 續流供給電源은 避雷器端子短絡電流가 1,200A (rms. sym.) 以上인 容量을 가져야 한다. 但 2.5KA 避雷器에 對해서는 1,000A 以上이다.
- ② AC 試驗電壓은 衝擊電壓印加前的 避雷器端子電壓이 定格電壓보다 낮으면 안된다.
- ③ 雷 impulse 印加位相은 上昇過程에서 45 $^{\circ}$ ~90 $^{\circ}$  까지 되도록 平等히 分布하고 同極性 및 逆極性兩側에 對해 行한다.

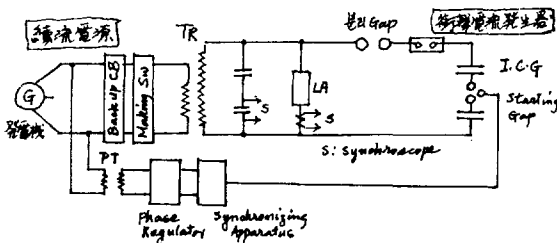


그림 7. 動作責務試驗回路

④ 回數는 同極性, 逆極性 各 5回로 合計 10回로 하고 時間間격은 約 1分間으로 한다.

[B] 開閉 surge 動作責務試驗

本試驗은 開閉 surge에 對해서 그 責務를 다할 수 있는지 檢證하는 것으로서 責務 A와 責務 B가 있으나 責務 B는 420KV 用에만 適用되는 것으로 여기서 는 責務 A만 說明한다.

責務 A 試驗은 遮斷器가 無負荷線路의 充電電流를 遮斷中에 再點弧를 일으켜서 開閉 surge를 發生한 現象을 模擬하여 避雷器動作責務를 檢證하는 것이다. 即 主要試驗回路를 試驗用 AC 電源部와 線路에 該當하는 LC 사다리回路로 하고, 線路를 實際의 경우의 殘留電壓에 相當하는 直流電壓으로 充電해 두고, 電源電壓의 어떤 位相에서 電源과 線路를 接續, 再點弧現象을 發生시키고 同時에 避雷器를 放電시키는 것이다.

試驗條件은 다음과 같다.

- ① 電源電壓線路를 接續하지 않은 때의 避雷器端子電壓을 定格電壓으로 한다.
- ② 續流電源의 容量: 短絡容量 1,200A 以上
- ③ 線路: LC 사다리回路
- ④ 線路總合靜電容量: 分割單位의 定格電壓 14KV 換算으로 15 $\mu$ F, 25 $\mu$ F, 50 $\mu$ F, 78 $\mu$ F의 4種
- ⑤ 線路充電電壓: 避雷器定格電壓波高值 $\times$ 1.1
- ⑥ 線路接續: 電壓上昇過程에서 45 $^{\circ}$  附近, 逆極性 但 線路는 避雷器動作後, 線路電流의 처음零에서 分離시킨다.

- ⑦ 避雷器放電位相: 線路接續과 同時 또는 surge 上昇途中의 任意點
- ⑧ 試驗回數: 5分간격으로 5回

試驗結果, 每回續流가 遮斷되고 前後의 AC 放電電壓과 制限放壓變化가 10% 以內이어야 한다.

13) 放壓試驗

本 試驗은 內部放電에 의해 避雷器內部壓力이 異常上昇하더라도 放壓裝置가 確實하게 動作하고 容器가 爆發的으로 飛散하지 않음을 確認하는 것이며 10KA 用에 適用하고 分割單位試驗이 可能하다.

[A] 大電流試驗

- ① 試驗電壓: 避雷器接續前的 電源電壓은 定格電壓이 154KV 用未滿은 定格電壓의 82%, 187~275KV 間은 定格의 78%, 500KV 用은 90%로 한다.
- ② 回路條件: 電源短絡容量은 避雷器端子間短絡時 흐르는 電流가 定格放壓電流(31.5KA, 50KA Sym, rms 2種)가 되도록 하고 短絡力率은 0.1以下(X/R>10)로 한다.
- ③ 被試品狀態: 內部에 電流가 흐를 수 있도록 直列 gap와 特性要素를 모두 fuse로 by-pass 한다.

④ 電流繼續時間：0.2秒

[B] 小電流試驗

① 試驗電壓：定格電壓의 40% 以上

② 回路條件：通電 0.1秒後의 電流가 規定值의 ±20%의 값이 되어야 한다.

⑤ 規定電流：定格放壓電流 31.5KA 用은 300A, 2秒 50KA 用은 3,000A, 0.4秒間 흘린다.

[判定] 放電辨이 열리고 容器가 爆發的으로 飛散하지 말아야 하며 容器가 破壞한 경우에는 碍管의 破片其他가 所定의 範圍以內에 들어가야 한다.

以上 說明한 外에도 耐劣化性試驗, 汚損試驗等이 있으나 紙面關係고 省略하기로 한다.

### 3. Gapless(酸化亞鉛形) 避雷器

Gapless 避雷器는 그 特性要素로 ZnO 素子를 쓰며 이 ZnO 素子의 뛰어난 非直線特性 때문에 從來의 SiC 素子와 같이 쓰던 直列 gap을 없앨 수 있게 되었다. 그림 8은 兩素子를 比較한 것이다.

이 ZnO 素子를 가진 gapless 避雷器는 直列 gap이 없기 때문에 다음과 같은 여러가지 뛰어난 特徵을 갖는다.

○ ZnO 素子의 높은 非直線特性때문에 續流가 흐르지 않아 多重雷, 多重 surge에 强하다.

○ 直列 gap이 없으므로 ZnO 素子의 並列配置가 可能하여 重責務避雷器의 製作이 可能하다.

○ 直列 gap이 없으므로 急峻波에 對한 gap의 放電遲延이 없고 急峻波放電特性이 뛰어나다.

○ 直列 gap이 없어서 碍管表面의 汚損等에 의한 放電特性變化가 없기 때문에 耐汚損, 活線洗滌이 可能하다.

○ 廣範圍한 絕緣媒體中(氣中, gas 中, 油中等)에서 特性變化없이 쓸 수 있다.

以上の 여러 特徵에 의해 이제까지 從來의 避雷器로 實現不可能한 여러가지 surge 保護가 可能하여 絕緣協調에 미치는 影響은 매우 크다. 急峻波應答特性이 좋

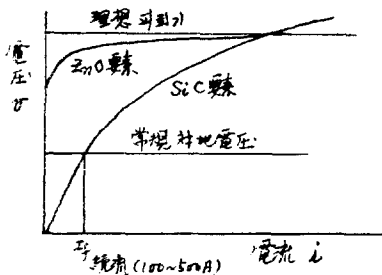


그림 8. SiC와 ZnO의 電壓電流特性

아지고 保護 level도 낮아지므로 機器의 BIL 低減도 期待할 수 있다.

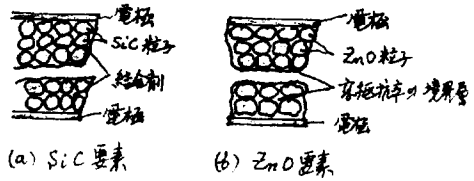


그림 9. 素子의 構造

在來式 酸化硅素(SiC) 要素는 約 200 Micron의 SiC 粒子와 粘土 또는 磁器等結合劑를 燒成하여, SiC 粒子의 接觸特性으로 非直線特性을 얻고 있다.

反面에 ZnO 燒成體는 酸化亞鉛(ZnO)를 主成分으로 했고 5~10 Micron의 ZnO 結晶粒子가 約 0.1 Micron의 高抵抗層으로 둘러싸인 構造로서 ZnO 粒子는 이 얇은 層을 通하여서로 接觸되고 그 非直線特性은 이 燒成粒子間의 境界에 存在하며 이 境界層은 數없이 겹쳐 있다. ZnO 粒子의 抵抗率은 境界層의 그것보다 훨씬 낮다. 따라서 ZnO 素子에 高電壓이 印加되면 大部分의 電壓은 境界層에 걸려서 電流增加現象을 일으켜 電壓電流의 理想的 非直線特性을 만든다. (그림 9)

Gapless 避雷器의 檢査試驗은 一般으로 다음 3가지를 實施한다.

① 構造檢査

② 絕緣抵抗測定

③ 變界動作電壓試驗(Critical operating voltage test)

이것은 在來式의 商用周波放電開始電壓試驗에 該當되는 것으로서 DC 1mA(放高值)를 흘렸을 경우의 端子電壓波高值(KV)이며 通常 1VmA로 表示한다. 例컨데 定格電壓 72KV rms인 gapless 避雷器의 1VmA는 約 100KV 程度이다.

### 4. 맺는 말

避雷器의 適用과 試驗法에 對해 若干의 經驗을 土臺로 記述했으며 이것이 避雷器의 製作이나 試驗業務에 從事하는 분에게 多少나마 도움이 되기를 바랄뿐이다.

### 參考文獻

- [1] JEC 203, 1978. 避雷器
- [2] IEC Publication 99-1, 1970. Lightning Arrester Part 1.
- [3] ANSI C 62.1-1975 Surge Arrester for AC Power Circuit
- [4] 電力設備現場試驗 Manual 電氣書院
- [5] 最近의 絕緣協調 Electrical Review 81.4.
- [6] 電氣設備技術計算 Handbook 電氣書院