

# 過電壓서어지의 發生과 回路保護對策

## Circuit Protection form Transient Surge Overvoltage

吳 明 煥

韓國科學技術院 電子工學部 責任研究員



### 1. 序 言

1970年代 以後 우리나라의 電力需要가 急增하고 이에 따른 送配電系統의 擴張 및 昇壓措置가 繼續됨에 따라, 이제는 電力의 生産이나 販賣問題 만을 떠나서 보다 信賴性있고 安全한 電氣의 供給 即 高品質의 電氣를 提供하기 위한 努力이 切實해지고 있다.

一般的으로 送配電系統이나 電氣回路에는 여러가지의 原因으로 인하여 그 定格電壓보다 높은 過電壓狀態가 瞬間的 또는 持續的으로 存在하게 되는 경우가 매우 많다. 이와같은 異常過電壓은 흔히 落雷나 高低壓混触에도 基因하지만 最近에는 複雜한 回路 및 系統內部에서 發生하는 스위칭서어지(Switching Surge)에 의한 것도 많이 볼 수 있다.

現代의 電力系統機器와 電動力應用裝置 및 各種 回路內에는 電力用 半導體(Thyristor, Power Transistor 및 HV Diode等)나 能動素子類 및 集積回路素子들이 漸次 그 使用比重을 높여 가고 있으며 各種 通信機器와 制御機器들이 低消費電力型 電子시스템化 되어 감에 따라, 이들 回路素子들의 機能과 壽命에 直接的인 危害를 끼치는 過電壓서어지의 抑制 및 吸收對策은 이제 電氣工學者들에게는 必須不可缺한 知識으로 되어 가고 있다.

本稿에서는 異常過電壓의 特性과 그 被害에 關하여 檢討하고, 最近에 實用化 開發된 ZnO Varistor

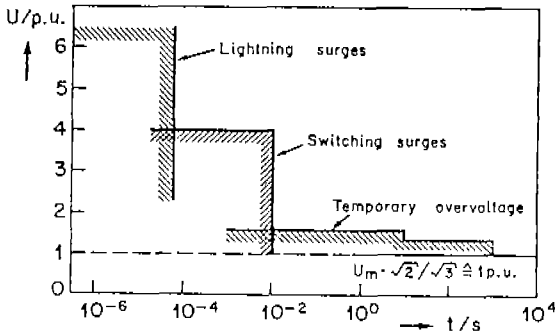
를 中心으로한 各種 서어지 吸收器具에 대한 技術 現況을 살펴보고자 한다.

### 2. 過電壓서어지의 特性

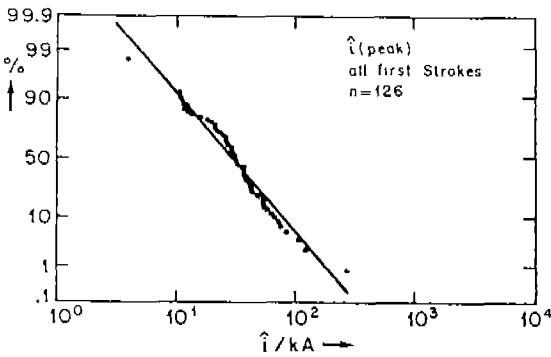
電氣回路에 侵入하는 落雷性 過電壓서어지는 대부분이 變壓器를 통하여 傳播되거나, 大電流放電 또는 不平衡負荷時에 發生되는 誘導電壓의 形態로 傳達되거나 한다. 또한 回路內部에서는 變壓器의 無負荷開閉, 電流Chopping, 不規則Switching, 電流Commutation等の 原因으로 스위칭서어지가 發生되는데 이때의 서어지過電壓의 크기는 遮斷되는 負荷電流와 系統의 서어지임피던스(Surge Impedance)와의 函數로 된다.

그림 1에는 超高压 電力系統에서 發生되는 各種 過電壓서어지의 持續時間과 波高值를 等價的으로 比較한 것이다. 이와 같은 서어지特性으로 부터 알 수 있듯이 落雷서어지는 비록 發生頻도가 낮다고는 하지만 電力系統의 定常電壓보다 훨씬 높은 尖頭電壓值를 가지므로 系統의 絶緣物 또는 設備를 單1회에 閃絡시켜 버릴 수 있다. 또한 스위칭서어지는 落雷서어지 보다는 波高值가 낮지만 그 發生頻도가 매우 높고 發生要因이 多樣하여 점차 크게 問題視되고 있다<sup>(1)</sup>

그림 2에는 Berger<sup>(2)</sup>가 發表한 落雷放電 電流의 波高值에 關한 統計分布資料를 圖示하였다. 實驗觀



〈그림-1〉 서어지 電壓 및 持續時間特性

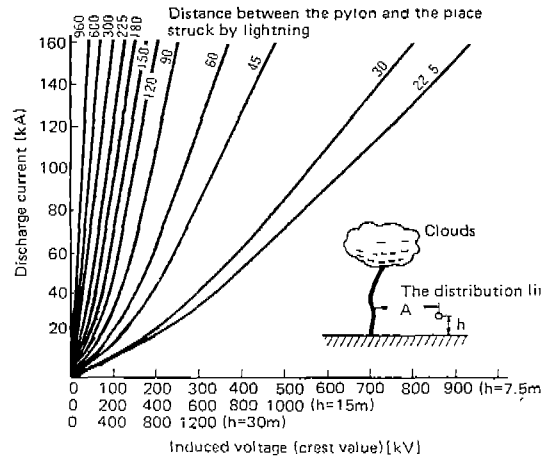


〈그림-2〉 落雷放電電流의 確率公布  
(126 Strokes에 대한 統計입)

測結果에 의하면 第1擊 放電電流의 값은 約90%程度가 10KA에 달하고 있으며 100KA의 경우도 1%나 된다. 물론 이 資料는 直擊雷에 대한 것이지만 直擊雷放電 大電流로 말미암아 近處의 送配電線路에는 매우 높은 誘導雷性 過電壓이 發生되며, 그림 3에서 볼 수 있는 바와 같이 電柱의 높이와 距離에 따라 때로는 數10萬Volts以上の 서어지 電壓이 誘起되기도 한다.

一經 誘起된 過電壓서어지는 그 發生點으로부터 前述한 바와 같이 靜電移行(Common-mode의 경우)이나 電磁移行(Normal-mode의 경우)의 現象에 따라 보다 낮은 電壓系統의 回路로 傳播된다.

配電線이나 通信線等 低電壓回路에 나타나는 서어지過電壓의 實態를 보면 6kV以下級 高電壓서어지가 約90%이고 6kV以上の 特高壓서어지는 10% 정도이다<sup>(2)</sup> 또한 回路의 서어지임피던스를約



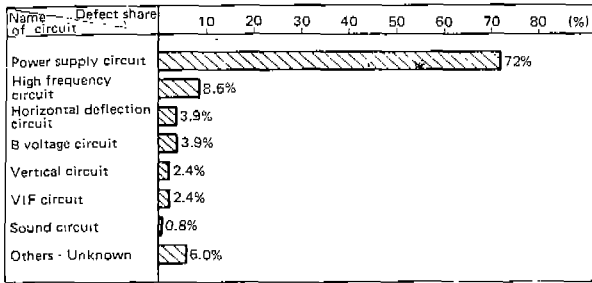
〈그림-3〉 落雷放電으로 誘起되는 配電線路內의 誘導雷서어지 過電壓

150[ohm] 程度로 본다면, 線間 또는 對地間의 서어지 放電電流는 大略 40[Amp]로 算定될 수 있다<sup>(4)</sup> 한편 通信線(주로 屋外電話線)의 경우 波高值가 50kV級에 달하는 特高壓서어지도 發生되는데, 서어지 吸收裝置를 통한 放電電流는 150A以下가 90%程度라고 報告되어 있다. 그러나 通信機器類가 漸次 電子化되고 半導体化(IC, LSI等을 使用)되어 감에 따라 最近에는 < 1μS(sub-microseconds, 10<sup>-7</sup>초以內)의 짧은 過電壓서어지도 問題視되고 있다.

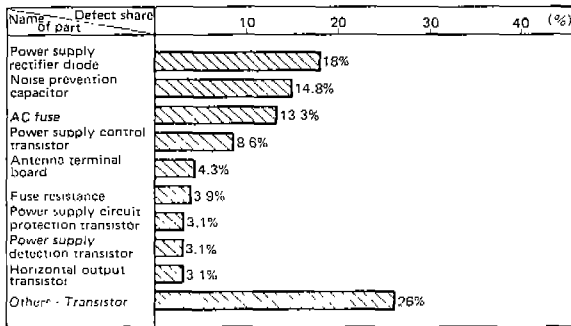
### 3. 過電壓서어지에 의한 被害

過電壓서어지는 電氣機器나 電子回路에 危害를 줄 뿐만 아니라 때로는 人命도 害될 경우가 있다. 大電力系統에서는 閃絡放電에 따르는 絶緣劣化現象과 絶緣物(碍子, 絶緣紙等)의 破壞現象을 볼 수 있으며, 一般家庭이나 通信設備에서는 各種 電氣器具와 交換機 또는 電子式 電話器 等の 誤動作과 壽命劣化現象을 볼 수 있다.

그림 4와 그림 5에는 家庭用 TV受像機 回路 및 部品들의 서어지被害에 대한 統計資料가 나타나 있다. 落雷서어지와 長波形서어지에 의한 過電壓으로 인하여 그 特性이 劣化되거나 壽命이 끝나는 電子



(그림 - 4) 家庭用 TV의 서어지被害(回路別)



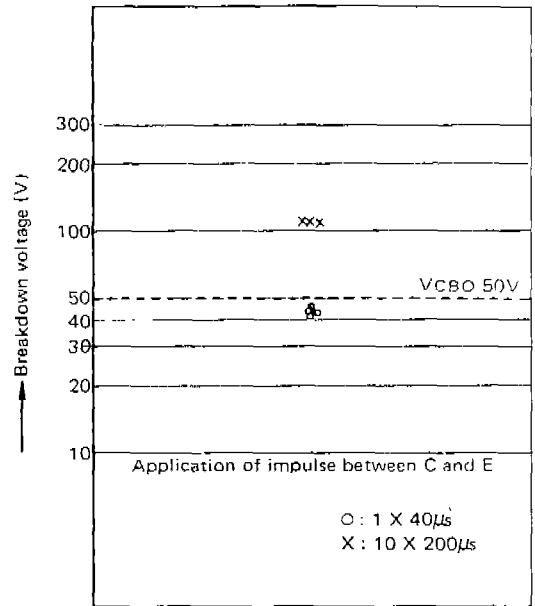
(그림 - 5) 家庭用TV의 서어지被害(部品別)

部品 가운데 트랜지스터와 다이오드는 定格許用逆電壓의 2~3倍<sup>(5)</sup> 정도되는 서어지에도 敏感하다는 사실이 그림 6과 그림 7에 나타나 있으며, IC나 LSI등과 같은 集積型 半導체들은 더욱 外來 서어지에 弱하기 때문에 이들 高價의 部品特性을 維持하기 위해서는 보다 向上된 서어지 吸收對策에 대한 研究와 技術開發이 要求된다고 하겠다.

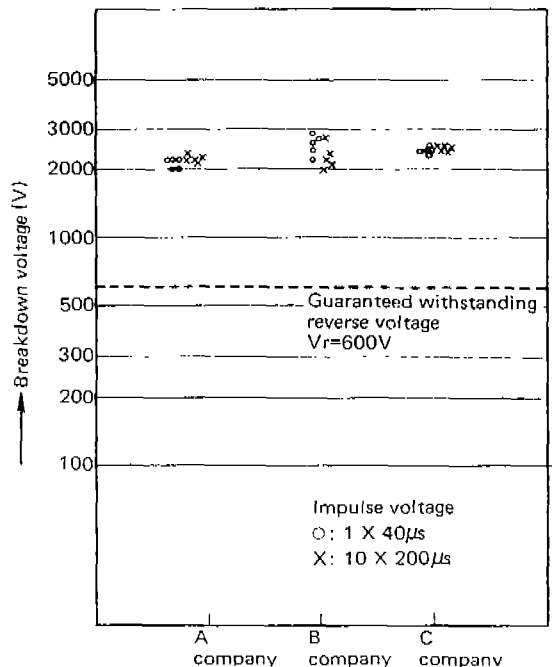
#### 4. 서어지電壓의 吸收方法

電力系統 또는 電氣機器 및 各種 回路에 侵入하는 過電壓서어지를 吸收하고 抑制하는 技術은 크게 나누어 다음과 같은 세 가지 形態로 分類된다<sup>(6)</sup>

첫째, 被保護對象物 또는 機器의 近處에 設置되어 서어지의 發生原因을 除去하거나 抑制하는 방식과 같은 것으로서는 흔히 避雷針(Lightning rod)이나 架空地線(Overhead Ground Wire)을 생각할 수 있으며 直擊雷와 같은 서어지原因을 吸收하는데



(그림 - 6) 트랜지스터의 충격전압서어지 파괴 특성



(그림 - 7) 다이오드의 충격전압서어지 파괴 특성

有利하다.

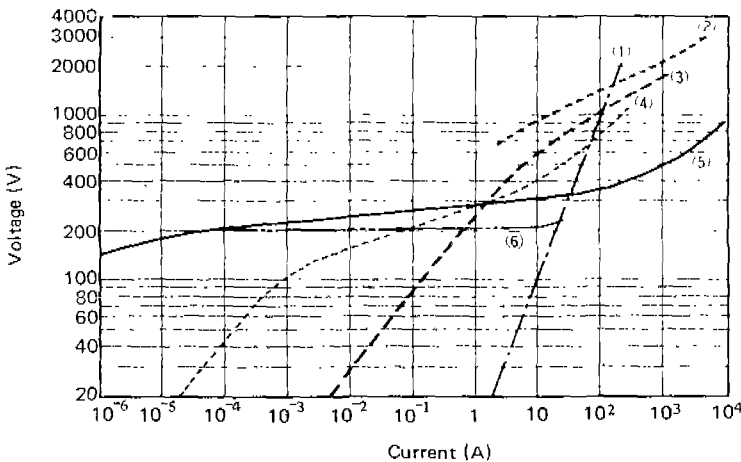
둘째, 放電空腔(Discharge Airdat)을 內藏하고 있는 避雷器, 이와같은 것으로서는 가장 簡單한 構造의 空腔形과 Gas封入式 放電管避雷器 또는 直線抵抗體 및 非直線抵抗體를 特性素子로 直列接續한 複合形 避雷器 등이 있다. 1930年代 以前까지는 벨브형 避雷器 特性素子로서 그 電壓-電流 非直線성이 낮은 材料(Aluminum Cell, Pbo.等)들이 사용되었으나, 美國의 GE社에 의하여 炭化珪素(Siliconcarbide SiC)의 燒結體에서 얻어지는 다이라이트벨브 素子(Thyrte Valve Element)가 實用化되면서부터 大電流放電能力이 優秀한 兩極性 避雷器가 送配電系統에 適用되었다.

셋째, 放電空腔이 없는 避雷器 또는 서어지 吸收器. 一般電力系統은 물론 被保護對象機器나 回路의 前端에 並列로 接續되어 過電壓서어지를 自体放電에 의해 大地 또는 線間으로 바이패스(Bypass)시키는 裝置로서, R-C直並列形 스너버회로(Snubber Circuit)와 바리스터(Varistor) 및 無空腔 避雷器(Gapless Arrester) 등이 여기에 屬한다. 스너버회로는 비교적 큰 電流를 다루는 다이리스터(Thyristor)의 端子電壓上昇率을 抑制시키는데 사용되지만 過電壓侵入시의 벨브特性이 없어서 다이리스터 素子の 서어지保護能力面에서 보아 不完全하다. 非直

線抵抗體(Nonlinear Resistor)만으로 動作되는 바리스터와 無空腔 避雷器는 1970年代 以前까지 세렌바리스터(Se Varistor), 炭化珪素(SiC Varistor) 등이 代表的으로 利用되었으나, 電壓-電流 非直線性 및 素子の 信賴度(Reliability), 特히 大電流 通過以後의 特性變化 등 諸問題點들로 因하여 새로운 서어지 吸收素子の 開發이 要望視 되어 왔다

1970年代에 새로이 出現한 酸化亞鉛바리스터(ZnO Varistor)<sup>(1)</sup>와 無空腔 避雷器<sup>(2)</sup>는 酸化亞鉛과 세라믹 半導體用 金屬氧化物(Metal Oxides)를 適切히 混合燒結하여 製造된 特性素子를 內藏한 것으로서, 過去에 空腔式 避雷器가 갖고 있던 몇가지 短點을 除去하였으며 過電壓서어지의 吸收 및 抑制用으로 크게 脚光을 받기 始作하고 있다.

그림 8에는 各種 바리스터의 電壓-電流特性을 나타내었으며, 電壓制限特性(Voltage Clamping Characteristics)은 제너다이오우드(Zenerdiode)가 優秀하나 그 使用範圍가 低電壓-小電流領域에 局限되고 있는 것이 흠이다. ZnO 바리스터는 서어지 吸收能力이 SiC 바리스터 보다도 良好할 뿐만 아니라 電壓制限特性도 제너다이오우드에 匹敵 하기 때문에 1980年代의 새로운 서어지 吸收器(Surge Absorber)로서 活用되고 있다.



- 1) CR (C : 0.1 $\mu$ F, R : 10 $\Omega$ )
- 2) Gap + Characteristic element
- 3) SiC varistor
- 4) Selenium (Se) surge absorber
- 5) ZnO varistor (ZNR)
- 6) Silicon (Si) varistor (Avalanche diode)

〈그림-8〉 各種 바리스터의 電壓-電流特性

#### 4. 結 言

지금까지 檢討된 主要內容을 綜合해 보면 다음과 같은 結論을 얻을 수 있다.

첫째, 電力系統이나 電氣回路에는 恒常 耐電壓值을 超過하는 過電壓서어지가 侵入 또는 發生될 수 있으며, 이와 같은 豫期치 못한 各種 서어지로부터 高價의 回路系統 機器나 半導體素子들을 保護하기 위해서는 適切한 形態와 規格을 갖는 서어지吸收器를 반드시 使用하여야 한다.

둘째, 서어지吸收器로서 갖추어야 할 條件 가운데 가장 重要한 것은 放電應答時間과 制限電壓特性 및 放電耐量特性이며 이와 같은 要件을 거의 滿足시킬 수 있도록 實用化된 것으로서는 高溫燒結形 ZnO Varistor를 꼽을 수 있다.

셋째, 서어지吸收器를 使用할 경우에는 被保護對象物의 耐電壓值, 線路定數(특히 線路의 特性임피던스), 確率的 서어지發生電壓值와 그 頻度 등을 算定한 후 그 素子の 크기와 保護範圍 등을 選擇해야 한다.

• 안내 •

## 實 務 技 術 教 育 實 施

본협회에서는 실무경력이 적은 전기기사의 경력 기술향상을 위하여 시청각교육과 전기기기의 현품 전시 및 견학을 포함한 실무기술교육을 다음과같이 실시하니 해당회원 및 기술자들은 많이 참석해주시기 바랍니다.

1. 기 간 : 1984. 5. 22~25 (4일간)  
매일 9 : 30~17 : 30
2. 장 소 : 대한전기협회 강당
3. 대 상 : 81년도 이후 전기기사 자격등록자 및 희망자

#### 4. 교육내용

과 목	시간	강 사
가. 정선교육	1	본협회사무국장 김광석
나. 실습강의 교육		금성계전(주)
(1) 차단기의구조와원리	2	금성계전(주)
(2) 전동기 기동장치	2	"
(3) 보호전계기의 동작 시험	2	경보전기계기(주) 전무이사 정재준
다. 강의교육		

(1) 전기공작물 행정 절차	2	서울특별시 연료과 황병하
(2) 전기보안규정 및 점검업무	2	경기화학공업(주) 계전부장 권용득
(3) 전기사업법 이외의 법규	1.5	본협회 기술과장 김기욱
(4) 전기공급규정	2	한국전력공사 봉사과장 홍주보
라. 시청각교육(슬라이드)		
(1) 수변전설비의 개요	2	본협회 기술과장 김기욱
(2) 계측기 및 공구	1	"
(3) 계측기 측정방법	1	"
(4) 전기사용합리화 2편	1	"
마. 견학		
(1) 금성계전(주)	3.5	중전기 제작과정
(2) 한국전력공사 사원 연수원	3.5	실습설비 및 154kV 변전소

5. 교 육 비 : 25,000원 (교재 및 견학비 포함)
6. 접 수 : 수강자는 1984. 5. 19일까지 주회 측에 접수 바랍니다.
7. 주 최 : 대한전기협회 (충구 수포동 11의 4)  
274-1661~7