

□ 技術 解 說 □

# 超高壓 大電力 短絡研究設備에 대하여

(建設推進經緯와 設備概要)

邊 勝 鳳\*

■ 차

례 ■

- 1. 建設推進經緯와 設備概
- 2. 大電力知絡 研究試驗設備

- 3. 高電壓試驗設備

報筆擔當者를 다음과 같이 定하여 各者가 담당하였  
던 建設業務를 報告하고자 한다.

- 가. 建設推進經緯와 設備概要  
; 電機開發部長 (前建設事務所長) 邊勝鳳
- 나. 高電壓設備 建設  
; 高電壓研究室長 沈文植
- 다. 大電力 短絡設備 建設  
; 電機開發室長 金昌培
- 라. 大電力 短絡設備 性能試驗  
; 大電力研究室長 金吉相
- 마. 土木, 建築工事  
; 施設建設室長 安相鎬

### 1. 建設推進經緯와 設備概要

邊勝鳳

#### 1) 建設推進經緯

돌이켜 생각하면 6年半前인 1976年5月30日 우리 電氣學會 會長을 역임하신 故 丁性桂 博士님을 모시고 「韓國重電機試驗所 設置를 爲한 海外技術調查」를 떠나는 일이 어제같이 느껴지는데, 敎授님께서 이미 世上을 떠나시고, 또 2年이나 되셨으니, 地下에서나마, 當身이 計劃하시고, 設計하셨으며 工事を 陣頭指揮하셨던 이 모든 建設事業의 마무리가 滿足스럽게 끝났다고 생각하실려는지 모르겠다.

삼가 敎授님의 靈前에 우리들은 머리숙여 몇줄의 글로써 慰勞코자하오니 굵어 살피시옵소서.....

\* 正 會 員 : 韓國電氣通信研究所 電機開發部長

한국전기통신연구소 昌原分所 諸研究試驗設備工事を 着工 4年7個月만에 끝내고, 當所所長 白英鶴 會員이 工事報告를 지난 11月號學會誌에 이미 發表하였으므로 今回부터는 보다 具體的 實務記錄들을 몇회에 나눠 發表하여 會員 여러분의 技術資料에 보탬이 되고자 한다.

이번에 竣工된것과 같은 規模의 大型 現代의 研究試驗設備가 必要하다는 要求는 1960年代 後半에서부터, 送配電機器를 國産化하는 Maker 등에서 거론되어 오다가 韓國電氣工業協同組合의 「전기연구소 설립에 관한 사업계획서」(1975年)와 同年 10月 韓國科學技術研究所 (現KAIST)의 「超高壓 시험소의 설치타당성에 관한 조사연구」(副題 단락시험설비 및 기타 고전압시험설비)가 發表되고 當時 우리나라를 휩쓸었던 重工業立國의 Boom 을 타고 1976年 2月 6日 政府 (商工部)는 韓國電力 그리고 電氣·電線兩協同組合과 協力하여 「韓國重電機試驗所 設置推進委員會」를 表-1과 같이 組織하였다. 同委員會는 3個月동안 「實務要員들의 豫備檢討와 2回의 推進委員會全體會議을 열어 具體的 建設計劃作成을 위해서는 海外의 기존設備와 建設工程 等を 調查한다는 結論을 내리 丁性桂 委員長을 團長으로 5名의 實務班員이 꼭 1個月間에 걸쳐 5個國 13個機關을 면밀히 調查·見學하고 大略 아래와 같은 報告를 完了한다.

· 海外技術調查報告 (要約) (1976.8)

가) 建設費는 電力會社와 國內重電機製造會社가 共同出資하고 建設後의 運營費도 繼續 支援해야 한다.

表 1. 重電機試驗所 推進委員會 會長團 名單

委員長	工博 丁性桂 서울工大 教授 前大韓電氣學會長
副委員長	辛基祚 韓國電力 副社長
"	梁在港 電氣工業協同組合 理事長
"	薛元亮 電線工業協同組合 理事長
委員	張炳贊 外 12名

나) 政府는 本研究所가 民間主導라 하더라도 政府 次元의 財政的, 行政的 支援을 繼續해야 한다.

다) 建設期間은 3~4年 所要되며 海外技術用役團의 活用이 絶對必要하다.

라) 立地條件은 數 100ton 的 短絡發電機 운반이 용이하고 장차 被試品의 搬出入이 容易한 곳이 좋다.

마) 所要建設費 豫想額 內資 28億 8千 萬원 外資 1.250 萬弗 内外資合計 91億 3千 萬원 (當時의 환율 500:1適用) 上記 報告書가 基礎가 되어 所爲 「韓國 電氣機器試驗研究所」 建設計劃書가 完成되고 同年 12月, 大統領 閣下의 裁可를 받아 財團法人으로 創立되었다.

2) 建設概要

우리나라에도 高電壓試驗設備로는 工科大學의 實驗室이나 韓國電力 技術研究所 그리고 各Maker의 試驗室에는 必要規模의 것을 設置·運轉해 오고 있으나, 次期超高壓送電電壓級까지의 本格的 研究目的의 高電壓設備 (研究棟의 電磁차폐 極少接地網工事等)는 처음 試圖한 것이다. 더욱이 大電力短絡試驗設備는 韓國電力技術研究所에서 그동안 Rotary Condenser (3.3 /KV . 3φ 4MVA. 往十里 S/S)나 短絡變壓器 (1φ 500KVA)를 直接使用하여 最大 12 MVA 程度의 Rand-om Short Test는 實施한 것이 있으나, 試驗容量과 制御上 規定된 試驗規格을 遂行할 수 있는 것이 못되었 으며 다만 6.6KV 100A 程度의 cut-out switch시 량 6.6KV 200 A, Oil-Switch 또는 Air-Switch의 負荷開閉試驗 그리고 桂上變壓器 短絡強度試驗 등을 實施한 것이 우리나라에서 高電壓機器에 對한 短絡試驗의 始初인것 같다. 그러나 本格的 試驗設備는 完全히 새로운 次元의 것으로 先進 技術의 導入이 必要 하였으며 建設費만도 昌原建設事業費 總額 約 270 億 원의 80%인 210億이 所要되었다. 美國 Westing-house Electric Corporation의 Advanced Systems Technology team과 技術用役費 85 萬弗로 1978年 1月 부터 1982年 12月 31日 까지 5個年間に 걸쳐

- 高電壓研究棟의 크기와 電磁遮蔽設計
- 高電壓試驗設備 國際入札仕様

○ 短絡試驗設備·主機器·制御方式·測定分析方式 短絡發電機基礎設計

○ 運轉要員의 訓練

○ 建設工事 監리

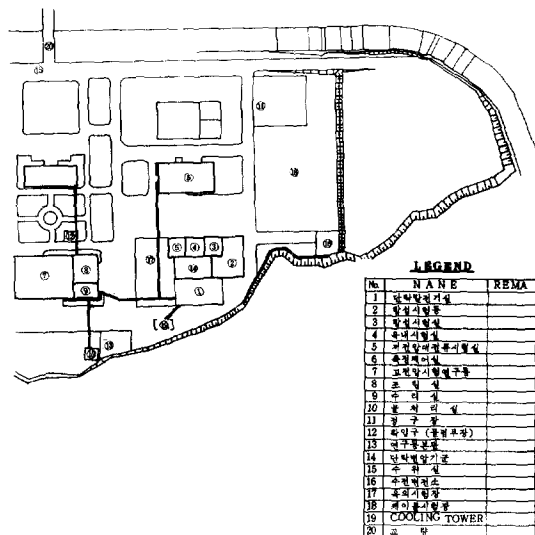
등의 技術支援을 받았으며, 지금도 短絡試驗設備의 自動計測分析裝置 (Data Acquisition System) 設計를 繼續中에 있다. Westinghouse의 基本設計와 主設備 供給者인 日本 三菱電機 (株)의 製作圖面을 가지고 우리나라 現代Engineering (株)이 詳細設計圖面을 完成하였다. 이 過程에서 現代와 저희 研究所의 젊은 Engineer들이 苦生도 무척했지만 얻는것도 커서, 많은 技術이 蓄積 되었다고 自負 한다.

가) 設備 lay out

本研究所는 超高壓·大電力關係의 試驗뿐만 아니라 電力系統研究, 機器開發研究, 經濟分析研究도 하는 電力綜合研究所로 發展하는 目標로 다음과 같이 하였다.

- ① 高電壓研究棟과 大電力短絡研究棟은 充分히 離隔시켜 試驗時 서로 간섭받지 않아야 하나 너무 멀리 떨어져서 兩設備를 同時並用하는 경우 不便이 없게 했다.
- ② 다음 設備工事로서 Cable 課電長期壽命試驗場 中低電壓研究棟用으로 各己 4500 平, 3000 平을 미리 確保하였다.
- ③ 長期研究課題로 800KV 級 超高壓送電方式研究를 위한 機器의 實證試驗場과 模擬送電線路 建設場 候補地를 研究所 주변에서 確保할 수 있도록 하였다.

한국전기통신연구소 배치 평면도



2. 大電力短絡研究試驗設備

① 短絡試驗設備란 發電機가 갖고 있는 Kinetic energy의 一部를 數 cycle ~ 數十 Cycle의 大電力으로 變換시켜, 實系統에서 일어나는 여러가지 類形의 故障를 模擬試驗하는 設備이다. 本所의 短絡試驗設備는 最大의 短絡出力이 發生하도록 平面的으로 뿐만 아니라 立体的으로 短絡發電機 出力端子에서 后備保護遮斷器와 投入 Switch, 그리고 限流 Reactor 群은 모두 短絡變壓器에 가까운 側에 配置하고 驅動Motor의 起動, 速度制御장치와 勵磁裝置는 反對側에 設置하였다. 短絡變壓器 3台는 發電機室과 Test Cell 사이에 設置하고 短絡變壓器 2次側 (高壓側) Bushing에서 直接屋上에 장치한 高壓 Disconnecting Switch 群에 連結되어 여러가지 試驗條件으로 調整된 后 Test cell의 天井



그림 1. 短絡發電機室 全景

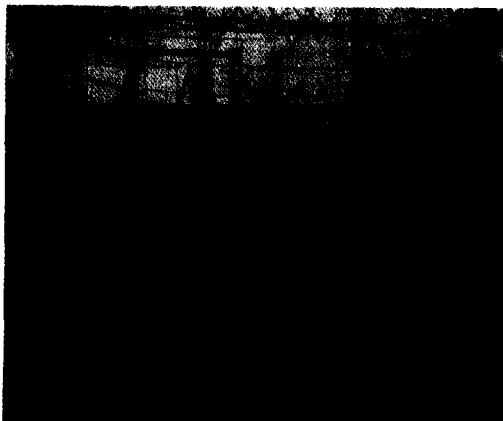
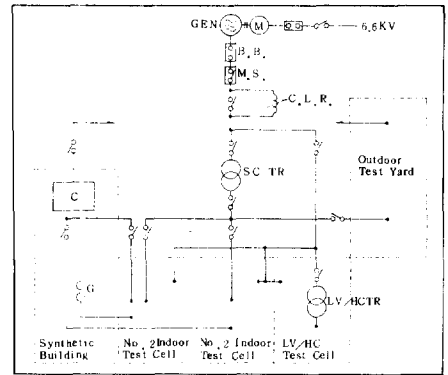


그림 2. 短絡變壓器 高壓D.S. 群

에 設備한 Bushing을 通하여 試驗場內에 導入 된다. (그림 1 短絡發電機室 全景, 그림 2 短絡變壓器, 高壓 D.S 群)

② 短絡發電機는 日本 三菱電機 (株) 製作으로써 Stator의 무게 270 ton, Rotor의 무게 130 ton으로 短絡 순간의 最大出力이 6000 MVA, 3 cycle 后에 4000 MVA(3相 18 KV, 130 KA)로써 單一機의 出力으로써는 世界的인 크기이다. 이것과 同一한 設計로 먼저 製作된 것으로 1963년에 完工된 日本電力中央研究所 武山Center의 短絡發電機와 三菱電機 自体研究所인 伊園研究所에도 1963년에 設置되어 지금까지 잘 쓰이고 있다. 이와 같이 短絡出力이 너무 크기 때문에 發電機의 固定子巻線, 后備保護차단기, 그리고 投入 Switch는 모두 各相 2個式 並列로 使用해서 大短絡出力에 견디게 한다.



SYMBOL	NAME
M	: Drive motor (16.5 kv 4 MN, 2 MW)
Gen	: Short circuit generator (600 MVA, NS, 400 MVA, 3 cycle)
BB	: Break up breaker
MS	: Making switch
CLR	: Current limiting reactor (0.005 Ω ~ 5.1 Ω)
SCT	: Short circuit transformer (1 φ 1000 MVA, 37%)
LV ACTR	: Low voltage high current transformer (1 φ 15 MVA, 37%)
C	: Capacitor bank for synthetic test (10, 37.5 kv 10 MF)
G	: Main traction gap

그림 3. 短絡試驗 設備 單線圖

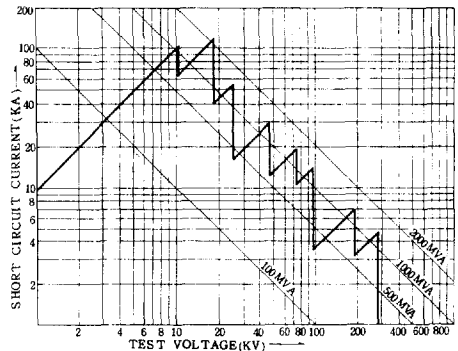


그림 4. single-phase short-circuit output

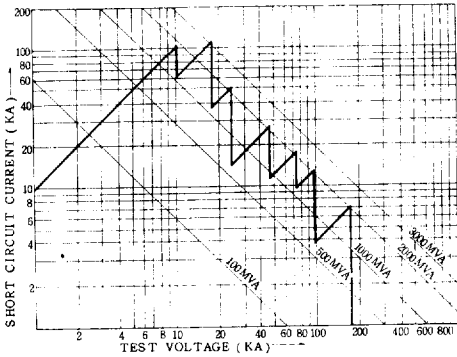


그림 5. Available power for direct testing (after 3 cycle)

③ 后備保護遮斷器는 Air Blast Breaker 로써 unit 當 18KV, 63 KV 로써 三相 4000 MVA 이다. 設計當時에 各相에 2台式 設置함으로써 動作時間의 差에 依한 遮斷失敗 可能性에 對하여 우려하였으나 投入Switch의 投入時間의 精確性和 같이 아무런 支障을 主지 않고 있다. 投入Switch 亦是 Air Switch 로써 unit 當 18KV, 65KA,  $23 \pm 0.5$  ms 로써 電氣角度  $10^\circ$  까지 正確히 制御된다.

④ 限流 Reactor 群은 各相에 0.005 Ω에서 0.5 Ω 까지 二進法에 依한 11 個式의 스위스 Haefely 製作의 air-core reactor가 設置 되었다.

⑤ 短絡變壓器는 Shell type 로써 單相 1000 MVA, 3 second Rating 이며 2 次側卷線을 24KV×4 個로 하여 24KV, 48KV, 72KV, 96KV로 tap 변환할 수 있게 하였고, Insulation level 을 1425 KV .BIL 로 하여 變壓器 3 台를 △結線, Y結線, 並列結線 및 Series 로 最高 288KV 까지 任意로 結線해서 使用할 수 있게 하였다. 또한 變壓器 3 台를 모두 꼭 같이 製作하여 互換性和 유지 보수에도 좋게 하였다.

⑥ Test Cell 은 Indoor 3 個所 out door 1 個所이며, 3 個의 Indoor Test Cell 에는 短絡發電機에서 限界 Re-actor 만 거쳐 直接 導入된 IPS 端子가 모두 設置되어 있어서 最大 3相 18KV 110 KA 까지의 短絡試驗이 可能하다. 特히 Low Voltage / High current test cell 은 主로 短時間電流強度試驗場으로 設計된 곳으로 單相 18KV / 250V, 500V, 1000V, 15MVA 3 sec Rating 3 台를 設置하여 單相으로 最大 180KA - 250V, 90KA - 500V 까지 試驗한다. 遮斷器, 斷路器, 開閉器, 母線類 등의 短時間電磁力強度試驗을 실시한다.

High Voltage Indoor test cell 은 合成시험만을 除外한 모든 高壓短絡試驗을 실시하며

Synthetic test cell 은 單相 高壓試驗과 硯房에 裝置

한 合成試驗回路를 使用하여 161KV 50KA 까지는 full pole 로 361KV 以上은 unit 시험으로 電力遮斷器의 動作責務試驗을 실시한다.

outdoor test yard 는 送電線의 模擬短絡故障시험, 避電器動作責務試驗 · line port 碍子나 현수애자連의 大電流 flash over test 等 主로 送電製置에 對한 研究試驗場으로 쓰여진다.

⑦ 短絡發電機는 4000 KW, 驅動 Motor에 依해 約 8 分間에 定格速度 1800 r.p.m 까지 加速되어 試驗準備態勢에 들어간다. 發電機運轉은 起動과 停止時만 手動으로 操作되며 일단 試驗準備態勢에 들어가면 各種計測 · 保護 · 制御장치에 의해 完全히 自動으로 運轉 · 감시된다. 運轉中 停電이나 機器内部故障 等 긴급한 경우는 Dynamic Breaking System 으로 10 分 以內에 強制停止 된다.

⑧ 試驗의 進行은 電力차단기 動作特性 시험을 例로 들면 제일 먼저 發電機殘留電壓 만으로 시험하여 피

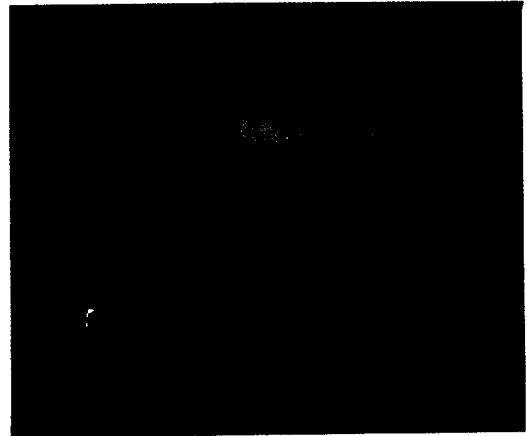
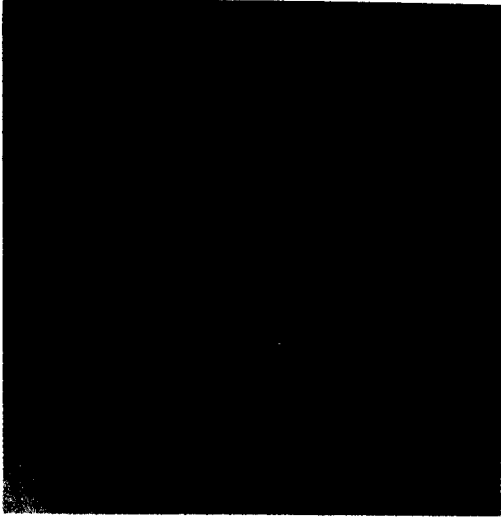


그림 6. 合成試驗回路



그림 7. 測定 · 制御室 全景



시품의 開閉時間, oscillo의 記錄速度, 保護차단기의 作動, 投入Switch의 投入時間等を 點檢한 后 다시 試驗電壓의 10%~30%에서 數次 豫備試驗을 실시하여 試驗電壓·電流·力率·再起電壓波形等を 檢討한 后 本試驗에 들어 간다. 一般적으로 이러한 回路調整을 위한 豫備試驗에 半日以上 3日이 所要되고 있다.

⑨ 試驗時 各種機器 計測製置之 作動은 電子Sequence

Timer의 指令에 依하며 1/100 cycle單位로 999.99 cycle까지 制御된다.

⑩ 數KHZ까지의 低調波現象은 美國 Honeywell 1508 B Type 12channel visicorder 2臺로 記錄하며 高調波現象은 Tektronix 7844 Dual-Beam Oscilloscope 4臺와 Nicollett series 2090 Digital Memory Oscilloscope 4臺로 記錄한다.

### 3. 高電壓試驗設備

高電壓研究試驗設備은 A.C. 550KV, 3A 試驗用 變壓器 2臺, Max 4000KV, 300 KJ 充電의 Impulse Generator, 그리고 180HZ, 3 $\phi$  2500 KVA, 1 $\phi$  1450 KVA Motor-generator Set가 主設備이며, 이設備를 幅 33m $\times$ 길이 55m $\times$ 높이 25.6m의 二重電磁蔽研究棟 안에 收容하여 外部電界의 變化에 關係없이 RIV試驗, Corona試驗을 할 수 있다. 앞에서 말한 바와 같이 550坪 크기로 높이 25.6m (Effectine clearance, 建物 最高높이 32m)를 完全히 차폐 시공한 것은 우리나라에서 처음 試圖한 것으로 平均 65<sup>db</sup>, Max 73<sup>db</sup>의 遮蔽效果를 얻어 매우 우수한 高電壓研究棟이라고 評價 받고 있다. 高電壓研究棟에는 그밖에 IE C規格의 注水試驗製置와 超高壓 Bushing 試驗用 Oil Tank를 設置하여 장차 우리나라에서 開發될 超高壓碍子 Bushing에 對한 試驗도 容易하게 하였다.