

765KV級 電力機器의 技術開發 動向



曉星重工業(株)
重電機器事業部理事
盧 哲 雄

1. 서 론

經濟의 成長과 生活의 向上에 따라 電力需要는 每年 急增하고 있으며, 全國 最大需要는 1990년에 17,252MW였고 向後 2021년 경에는 74,260MW로 約 4倍의 增加를 보일 것으로 豫測된다. 특히 電力需要의 50%를 차지하고 있는 京仁地域에서는 供給과 需要의 不均衡이 極甚하며, 2021년 경에는 約 18,400MW의 需要-供給差가 發生할 것으로 豫測된다. 이에 대한 綜合 對策으로서는 첫째, 현재 建設중인 新規 發電所 系統 連結에 필요한 送電線路 外에는 京仁和 他地域간의 345KV 送電線路의 建設止揚, 둘째, 京仁 인근도서에 大單位 有煙炭 火力 立地開發, 셋째, 東海岸 北部에 大電力 原子力 立地開發, 넷째, 東海岸 北部-京仁 지역간에 大電力 輸送手段의 講究등이 樹立되었으며, 大電力 輸送을 위하여 送電線路의 超高壓 格上에는 765KV 系統이 가장 適合한 것으로 決定되었다.

筆者는 次期超高壓 送電線路에 적용될 주요 電力機器인 765KV급 變壓器와 GIS(Gas Insulated Switchgear)에 대한 技術開發 動向을 記述하고자 한다.

2. 주요 전력기기의 개요

765KV 機器로는 變壓器, 遮斷器, 分路리액터, 避雷器 등이 있고, 각 機器의 最高電壓, 電流量, 短絡電流 및 絶緣特性 등을 定하고 機器 基本仕樣을 研究, 檢討하여야 한다.

變壓器에서는 形式, 相數 및 電壓, 容量, %임피던스, 絶緣階級, 變壓器의 運送制約 條件에 따른 分割運送을 위한 分割數 등이 있고, 遮斷器는 形式, 電壓, 電流, 短時間電流, 交流耐電壓, 定格개스壓, 投入, 遮斷抵抗, DS, CPD, CT 母線의 電壓, 電流 등이 있고, 避雷器는 形式, 使用電壓, 公稱放電電流, 制限電流量 등이 檢討되어야 한다. 그 중에서도 가장 重要한 電力 機器인 變壓器와 遮斷器에 대한 技術開發 動向을 소개한다.

2.1 765KV급 變壓器

2.1.1 檢討에 대한 考察

일반적으로 超高壓 變壓器 設計시 電氣的, 機

械的 그리고 冷却設計의 觀點이 綜合的으로 考慮되어야 하는데, 여기서는 變壓器와 關聯하여 주요 設計內容을 外鐵型과 內鐵型의 比較를 통해 간략히 記述하고자 한다. 현재 美州地域에서 運轉되고 있는 765KV급 變壓器는 WESTINGHOUSE사에서 開發 納品한 外鐵型 變壓器와 GE사에서 製作 納品한 大容量 內鐵型 變壓器의 두種類로 크게 나눌 수 있는데, 두機種은 鐵心の 形態와 卷線방법 면에서 뚜렷한 差異를 보여주나 設計의 基本概念이나 運轉性能면에서는 差異가 없으며 TYPE의 選定은 주로 顧客(電力會社)의 選好度에 따른다.

(1) 鐵心構造(Core Structure)

765KV급 變壓器의 경우 鐵心構造는 外鐵型과 內鐵型중 하나의 鐵心構造를 갖게 되는데, 設計時 Limb의 數量, 鐵心の 材質, 最大 磁束密度, 冷却덕트의 사용이 신중히 고려되어야 하고, 특히 鐵心の 接地方法이나 鐵心積層의 Binding 處理등에 매우 세심한 注意를 기울여야 할 것이다. 그림 1은 각각의 경우 鐵心形態 比較이다.

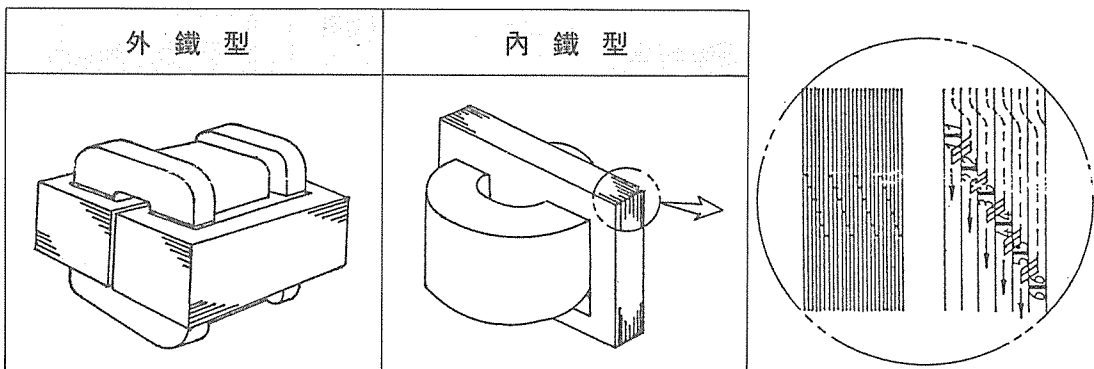


그림 1. 鐵心 構造圖(單相 3角 鐵心)

超大型 鐵心은 특히 磁束의 不均等에 의한 局部過熱, 振動이 중요한 檢討課題이고, 實規模 製作에 의한 精度를 확인한 設計法을 사용하여 各部의 磁束密度分布, 溫度上昇, 固有振動數 등을 상세히 計算하여 最上接合法, 斷面形狀을 결정한다. 특히 當社에서 사용하는 STEP-LAP

接合方式은 풍부한 經驗을 바탕으로 確立한 技術이다. 균일한 諦部壓力에 의한 鐵損, 振動, 騒音 低減에 커다란 效果를 얻고 있다. 이 接續法은 最適으로 選定한다. 더우기 積層방향의 磁束密度를 均一하게 하기 위해 上下部繼鐵心(YOKE) 또는 外側脚鐵心을 長円形狀으로 한다.

(2) 卷線構造(Winding Construction)

最大容量器에서는 低壓卷線間電流分布, 內部構造物의 局部過熱 등과 雷Surge 侵入時의 電位分布 등이 重要한 檢討課題이다.

內部卷線(Coil)의 設計時에 考慮해야 할 重要事項은 다음과 같다.

- 要求되는 特性을 만족하는 卷線의 配置와 構造 및 턴(Turn)의 分布
- 卷線絶緣의 種類 및 두께
- 接地실드 또는 靜電실드의 位置 및 形態
- 크로스오버(Cross Over) 및 탭의 位置와

引出形態, 이들의 經路(Path) 및 支持방법

- 각 라인리드와 붓싱실드의 構造

특히 高電壓 Level에서 야기되는 Voltage Transient 現狀에 대해서는 매우 精密하고 深度있는 分析을 통해서, 過度하게 上昇하는 Impulse 電壓值를 효과적으로 制御하도록 해야 하는데, 이때 주로 採擇되는 실드(靜電遮閉)는 卷線에 雷電壓의 生成을 적절히 抑制시켜 卷線을 잘 보호하게 된다. 그림 2는 765KV급 變壓器의 卷線 配置의 한 예이다.

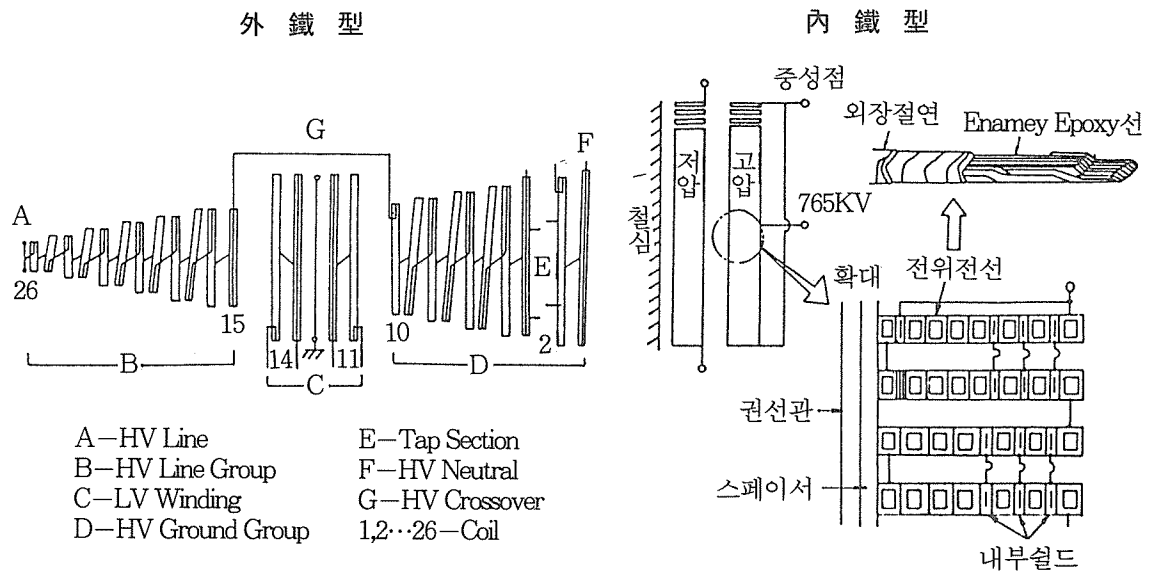


그림 2 卷線 配置圖

특히 Large Core Type에서 採用한 Shielded-disk 卷線은 High-Bil의 電壓이 걸리는 Line End 部位의 一部섹션 內部에 Internal-shield를 設置하여, 엔드턴 部位의 靜電板(Static-Plate)과 함께 효과적인 電壓分布를 얻고 있으며, 다수의 섹션은 섹션간 電壓과 이를 통한 絶緣두께를 減少시켜 卷線의 치수와 重量을 작게할 수 있게 해준다. 또한 Line Lead를 中央部에서 引出하여 鐵心 窓口높이를 節減할 수 있고, Zig-Zag 形態의 冷却路는 효과적의 熱傳達 및 더욱 Compact한 卷線 設計를 可能하게 해준다. 이때

의 卷線은 連續轉位卷線(C.T.C Wire)을 주로 사용한다.

(3) 클램핑 시스템

超大容量器에서 鐵心과 卷線을 堅固하게 結合시켜 短絡時 發生하는 엄청난 크기의 機械力에 이를 충분히 支持하도록 하고, 製作이나 輸送 또는 設置시 衝擊이나 振動으로 인한, 각종 가능한 損傷을 효과적으로 防止하여 각 構造物을 잘 保護해주는 클램핑 構造가 要求된다. 그림 3은 각 Type의 주요 클램핑 構造의 한 形態를 보여주고 있다.

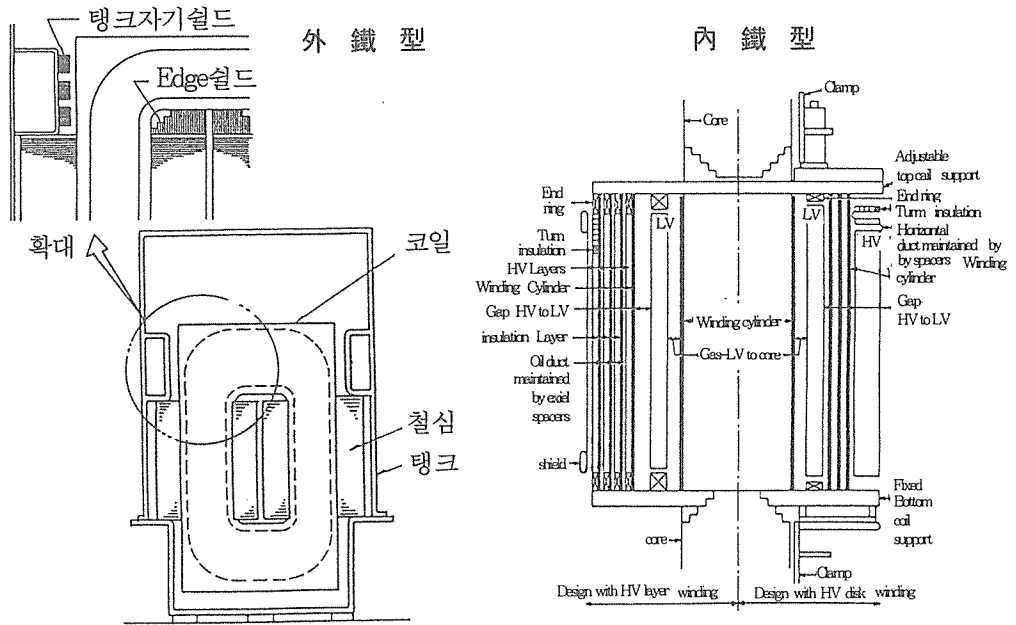


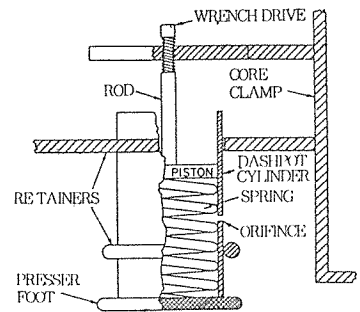
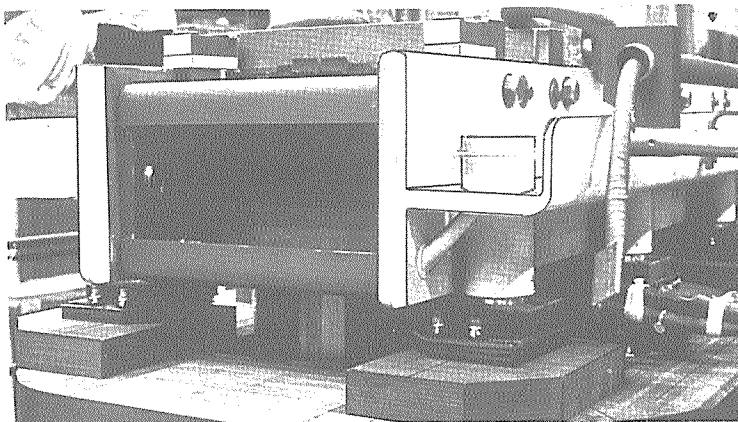
그림 3. 클램핑 構造圖

Large Core 變壓器의 경우는 그림 3에서 보여주는 바와 같이 약간 특이한 形態 및 構造의 고유한 卷線 클램핑 시스템(Coil Clamping System)을 가지고 있는데 非磁性, 高強度의 單一構造를 갖는 上部 卷線씨포트와 스프링을 통해 Loading 되도록한 대쉬포트(Dashpot)로 構造되어 있다.

특히, 單一構造 上部 卷線 씨포트는 모든 卷線에 均일한 클램핑 壓力이 미치도록 할 뿐 아

니라, 短絡 機械力을 매우 효과적으로 클램핑 시스템에 傳達하는 역할을 하고 있으며, Hydraulic Dashpot는 각종 卷線 構造物을 견고히 密着되게 하고, 短絡時 離脫 등을 能率의으로 防止하고 있다.

Dashpot의 機械的 構造는 그림 4와 같다. Dashpot의 크기 및 수량은 短絡機械力을 비롯한 몇가지 特性值에 의해 決定된다.



Hydraulic dashpot, part of the new DYNA-COMP adjustable coil clamping system, assures a tight winding structure and prevents winding movement under short-circuits.

그림 4. Dashpot 및 Dyna-Comp Adjustable Coil Clamping System

(4) 磁氣遮閉(Magnetic Shielding)

高電壓 大容量 變壓器에서는 漏泄磁束(Stray Flux)에 의한 局部損失과 過熱의 効果적인 低減도 主要설계 課題로 등장하게 되는데, 특히 局部過熱의 적절한 制御는 變壓器 事故의 主要原因이 되고 있는 絶緣油나 絶緣物의 劣化防止에도 크게 기여함으로 매우 중요한 일이라 하겠다. Stray Flux 低減 대책으로는

- 金屬性의 構造物을 높은 Flux 領域에서 가능한 한 離隔維持
- Al 또는 Si 鋼의 磁氣遮閉(Shield)取部
- 金屬性 資材의 非金屬資材로 代替使用 및 構造物 細分割

등이 있는데, 외철형 이나 대응량 내철형의 경우 Al-Shield나 Core 材質과 동일한 Magnetic Shielding을 탱크의 內壁에 取部하여 卷線이나 리드 部位에서 發生하는 Stray Flux로 인한 影響을 效果적으로 低減시키고 있다.

(5) 冷却設計(Cooling System) 및 其他事項

變壓器의 設計時 사용되는 일반적인 冷却設計 觀點에서의 設計方法이 대체적으로 무난히 適用된다고 할 수 있으나, 絶緣油의 循環速度, 絶緣油의 溫度 및 Flow Distribution 등에 基因하는 Static Electrofication(流動帶電)의 影響 등이 감안 되어져야 하며, 특히 變壓器 內部에 사용되는 各種 絶緣物의 材質選定과 部品加工이나 組立時 油含浸(Vaportherm) 또는 乾燥時間이나 處理工程에서 設計次元의 研究檢討가 要望된다 하겠다.

2.1.2 製作에 대한 考察

765KV급 變壓器의 製作時 고려되어야 할 主要事項으로서는

- 恒溫 恒濕을 유지하는 清潔한 作業環境
- 設計에서 요구되는 各種 品質要件과 構成 部品의 치수와 形態에 관련하여 加工이나 組立 取扱에 충분히 副應하는 各種設備
- 各設備의 運用이나 關聯部品の 加工, 組立에 熟練된 作業者들의 製作技術 및 高度의 品質意識
- 합리적인 製作工程과 適定 Timing 관리
- 諸般 工程間의 엄격한 中間調査 System

등의 要件이 具備, 實行되어야 한다.

(1) 電線 및 各種絶緣 部品の 加工

平角導體의 적용시는 導體의 伸線에서 Taping 工程이 變壓器 製作社의 自體 工場에서 進行 되므로 Burr의 發生이나 느슨한 Taping 現狀이 생기지 않도록 收入檢査가 요구된다. 絶緣 部品の 경우 自體 原綴入荷 이후부터 資材의 保存에 유의해야 하며, 部品 加工時에는 하지없는 素材의 선택에도 유의하여야 한다. 특히 765KV급 變壓器 部品の 경우 그 치수가 大型 임을 감안 할 때 이들 部品들을 무리없이 가공 製作할 수 있는 部品加工 設備등이 必要하게 된다.

(2) 卷線 및 相組立

各 卷線의 固有形態나 크기에 부응하는 大型의 수직 또는 수평 卷線機 및 관련 附帶設備가 基本的으로 要請되며, 卷線作業時에는 規定된 設計치수는 엄격히 준수하여 變壓器의 特性에 차질이 없도록 단단하고 正確하게 卷線해야 한다. 卷線後나 相組立 및 乾燥, 油含浸 등의 工程에서는 특히 異物質이 投入되거나 移動이나 取扱時 變形이 생기지 않도록 有意가 要望된다.

(3) 클램핑 構造物 및 탱크製作

○ 주로 鐵構造物로 구성되는 클램핑 Structure의 경우 리드와 卷線이 引接한 부위에서는 High BIL의 크기에 比例하는 적정 크기의 半徑으로 컨투어링(Contouring : Rounding) 처리를 해야하고, 특히 볼트, 너트의 견고한 締結과 탱크 내부 쉴딩(Shielding)등은 끝마무리에 유의해야 한다.

○ 外鐵型 變壓器에서는 코일의 대부분이 鐵 心으로 쌓여있기 때문에 원래 構造物에 들어가는 漏泄磁束은 작으나 탱크나 內部構造物의 局部加熱을 防止하기 위해, 非磁性材를 부분 사용하는 것과 함께 外鐵型 變壓器의 標準構造인 硅素鋼板으로 構成된 磁氣쉴드를 쓰고 있다. 특히 코일에 둘러 싸여진 탱크윗지(Wedge), 탱크 씨포트부의 쉴드는 두꺼워지고, 그 두께방향으로 들어가는 수직 漏泄磁束에 의해서 쉴드 자신이 過熱되므로 그림 3에 나타난 것과 같이

실드의 形狀을 多段 構造로 한다. 탱크는 Formfit형이다.

○ 變壓器의 탱크는 輸送 및 設置空間을 고려 Compact화 및 輕量化된 構造를 가져야 한다. 탱크는 完全 眞空에 견딜 수 있도록 충분한 強度를 가지고 있고 모든 構造物과 部品은 Submerged Arc熔接法, 또는 TIG熔接法 등을 사용하여 信賴性 높은 熔接強度를 가지고 있어야 한다.

특히 탱크카바는 탱크를 上部 플랜지 위에 石綿 로프로 內部를 密閉시킨 후, 多重 熔接하여 모든 接着部 위에서 漏油를 完全 防止시켜야 한다.

變壓器의 移動 및 取扱에 便利하도록 引揚고리, 잭패드가 적절하게 위치토록 하며, 탱크 베이스는 內部卷線이나 鐵心 등 本體 重量과 絶緣油壓으로 인하여 베이스의 일부가 浸下되지 않도록 Flat 또는 Skid type을 사용한다.

2.1.3 試驗에 관한 考察

765KV 電力系統의 20년 歷史 중, 특히 發電所 昇壓用 變壓器에 대해 많은 事故率을 보여왔다. 대부분이 絶緣上의 문제로서 이는 規格에 要求하는 이상의 絶緣品質을 必要로 한다고 보고 있다. 따라서 製作者는 需用家의 要求에 대해 設置, 運轉, 轉換, 補修, 維持에 특별한 指針을 제공해야만 하게 되었다.

1986년 이전에는 ANSI에 따른 絶緣條件이 대체적으로 現實을 만족하고 있는데, 345KV까지는 이런 衝擊, 開閉 Surge등이 絶緣試驗을 대표하고 있다. 그러나 765KV 變壓器는 보다 복잡한 樣狀을 띠게 되므로 이것이 絶緣을 만족하지 않는다. 이러한 이유로 工場絶緣試驗 Level이 새로이 제시되었는데, 이것에 의해도 LI와 이에 만족하는 SI試驗電壓의 比率이 765KV 급에서는 훨씬 적으며(83% → 60~70%), 1 ϕ 變壓器의 경우 工場에서는 1 ϕ 로 試驗하지만 실제의 運轉은 3 ϕ 로 하게되므로 低壓의 Δ 結線에 대해 追加解析이 必要하게 되고, Δ 結線에 대하여 Generator 및 Bus의 Impedance 영향을 고려해야 하는 것이 또한 요청되며, 衝擊試驗은 Stress가 제일 많이 가해지는 最低Tap에서 試驗

을 하지만 실제 運轉上의 Tap은 일반적으로 試驗Tap과 다른 Tap에서 運轉하게 됨에 유의하여야 한다. 물론 이것이 試驗Tap 絶緣條件을 만족 못하지는 않지만 Line으로부터의 Surge가 內襲時 系統Impedance에 의해 分布가 달라질 수 있다는 점에 유의할 必要가 있다.

ANSI는 製作者가 SI나 IN試驗에서의 Tap位置를 電位分布나 經驗에 의해 選擇하게 하고 있지만 製作者가 每番 電位分布의 計算을 하지 않으므로 Lead의 交叉點에서의 電位가 最低 Tap을 놓았을때 보다는 電位보다 높아지는 등 복합적인 사고를 유발할 수 있고, 최근에는 運轉時 Oil의 높은 循環速度에 의해서도 絶緣事故가 있을 수 있으나 이제까지의 ANSI는 이런내용을 規格에 포함하고 있지 않고 있다. 따라서 波形, 結線, Tap位置, Oil Pump의 狀態, 기타 運營條件이 반영된 內部絶緣으로 고려되도록 765KV SPEC.이 確立되어야 한다. 여기서 AEP에 의한 新規 SPEC시의 고려되는 5가지 要所를 살펴보면,

1. 衝擊電壓 試驗 Level을 보다 增加시켜야 한다.

2. Impedance를 增加시킬 必要가 있다.

3. 면밀한 設計檢討가 必要하다.

이는 電氣, 機械, 冷却分野를 포함하는 여러 Factor에 대한 신뢰를 높여주며, 事故原因의 규명 뿐만 아니라 修理 및 再設計를 위해 절대적인 必要要素이다.

○ 材質, 構造, 製作上의 設計檢討는

- 1) 鐵心構造
- 2) 卷線構造
- 3) 機械的 Clamping
- 4) 磁氣遮閉
- 5) 絶緣油 關聯事項

○ 絶緣設計에 대한 檢討는

- 1) LI, SI, IN試驗時의 卷線上的 電壓分布
- 2) Critical 要所에서의 絶緣條件
- 3) 絶緣物을 통한 絶緣 Creepage部門 등

○ 機械設計의 檢討 全Tap에서 卷線의 最大 機械力과 事故時의 機械力

○ 冷却設計의 檢討

4. 波形에 대한 分析이 必要

- 1) Direct Energizing Test

- 2) Special 衝擊試驗
- 3) ANSI에 의한 Switching Impulse 試驗
- 4) ANSI에 의한 Lightning Impulse 試驗
- 5) ANSI에 의한 誘導試驗

결과적으로 새로운 SPEC은 誘導試驗時 RIV試驗 및 Apparent Charge량에 대해 測定해야 하므로 기존 ANSI에 대해 3가지의 補完이 必要하다.

첫째, 試驗 期間은 7200 Cycle에서 5초로 變更해야 하고,

둘째, 試驗 電壓을 對地間 電壓의 長時間 試驗은 1.8배, 誘導試驗은 2배로 조정해야 되고, 셋째, RIV測定에 대한 基準의 變化이다.

RIV치는 ANSI나 AEP 공히 長時間試驗(1-Hour Test)時 100uV를 넘지말고, 變化量은 30uV를 超過하지 말도록 要求하고 있으며, ANSI는 長時間試驗을 誘導試驗에 이어서 行하도록 要求하지만 AEP는 적은 양의 内部 部分放電의 제거를 위하여 長時間試驗을 먼저하고 誘導試驗을 하도록 要求하고 있다.

주) APE : American Electric Power Service Corporation

- LI : Lightning Impulse
- SI : Switching Impulse
- IN : Induced Voltage Test

2.2 800KV급 Gas 絶緣 開閉裝置(GIS)

GIS는 遮斷器, 斷路器, 接地開閉器, CT, PT, 母線 등의 많은 要素機器로 構成되어 있으며 각각의 要素機器는 물론, 綜合裝置로서의 性能과 信賴性이 매우 중요한데, 그 優秀性은 이미 170KV 및 362KV급에서의 많은 運轉實績에 의해 충분히 實證되어 있다.

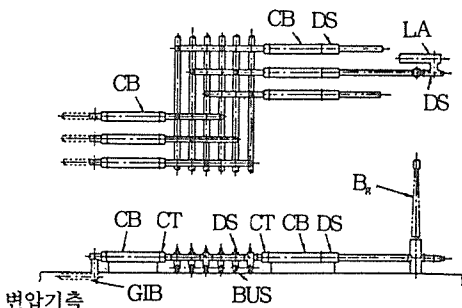


그림 5. 800KV급 GIS의 대표적인 外形圖(1回線分)

800KV급 GIS의 경우에도 基本的으로 362KV급 以下에서 確立된 技術의 延長으로 볼 수 있으며, 그 特徵은 다음과 같다.

- (가) 高性能 酸化亞鉛 避雷器(ZLA)의 적용에 따른 絶緣레벨의 대폭적인 低減
- (나) 開閉장치 制御를 위해 抵抗投入에 이어 抵抗遮斷의 適用
- (다) 機器의 大型化
- (라) Gas絶緣 母線의 大量 採用

2.2.1 概念設計와 主要仕様

표1은 800KV급 GIS의 基本 仕様들인데, 362KV급 GIS와 比較 檢討하였다. 主要內容을 要約하면 다음과 같다.

(1) 共通事項

800KV급 GIS는 그림 5와 같이 架空送電線路에 接續되는 引入用 봉싱을 제외하고는 모두 SF₆ Gas에 의해 絶緣된 密閉構造이다. 定格 Gas 壓力은 362KV급 以下에서의 使用實績으로부터 5~6kg/cm²·G로 하였다. 또 Gas 漏氣에 의해 Gas 壓力이 大氣壓까지 低下한 경우에도, 적어도 常規大地 電壓에 견딜 수 있어야 한다는(이것을 0氣壓 交流 耐電壓이라고 함)內容을 變更했다. 그래서 362KV급 以下の GIS에서 얻은 運轉經驗, 즉 Gas 壓力이 大氣壓까지 低下한 事故의 報告가 없고, 800KV급 GIS의 경우에는 0氣壓交流耐電壓의 指定에 의해 그림 6과 같이 外形치수가 15~20% 增加하여, 小型化와 經濟性에 반대되기 때문에 특별히 指定하지 않는 것이 바람직하다고 생각한다.

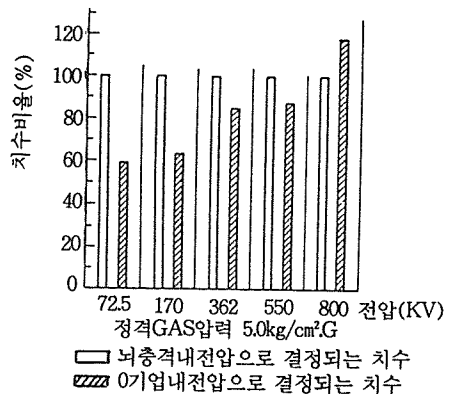


그림 6. GIS用 母線의 치수 比較

표 1. 362KV GIS와 800KV급 GIS의 比較

區 分	項 目	基 本 仕 樣		備 考
		362KV	800KV	
1. 共 通 事 項	1) 形 式 2) 定 格 電 壓 3) 定 格 電 流 4) 定 格 短 時 間 電 流 5) 定 格 周 波 數 6) 0氣壓 交 流 耐 電 壓 7) 定 格 SF ₆ Gas 壓 力	相 分 離 形, 屋 外 362KV 4000A 40KA, 1초 60Hz 362/ $\sqrt{3}$ KV rms, 1분 4~5kg/cm ² ·G	相 分 離 形, 屋 外 800KV 4000A 또는 6000A 50KA 또는 63KA, 1초 60Hz — 5~6kg/cm ² ·G	SF ₆ Gas 絶緣 對 地 間
2. 遮 斷 器	1) 定 格 電 壓 2) 定 格 電 流 3) 定 格 遮 斷 電 流 4) 定 格 遮 斷 時 間 5) 投 入 抵 抗 6) 遮 斷 抵 抗 7) 遮 斷 點 數 8) 再 閉 路 方 式	362KV 4000A 40KA 3 cycles 500~600Ω — 2 pole/相 O-(θ)-OO-3분-OO	800KV 4000A 또는 6000A 50KA 또는 63KA 2 cycles 500~1000Ω 500~1000Ω 4 pole/相 左 同	
3. 斷 路 器	1) 定 格 電 壓 2) 定 格 電 流 3) 進 相 小 電 流 開 閉 責 務 4) 루프 電 流 開 閉 責 務	362KV 4000A 362/ $\sqrt{3}$ KV, 0.5~1.0A 4000A, 回復 電 壓 200V	800KV 4000A 또는 6000A 800/ $\sqrt{3}$ KV, 0.5~1.0A 4000A 또는 6000A 回復 電 壓 300V	推 算 推 算
4. 接 地 開 閉 器	1) 定 格 電 壓 2) 靜 電 誘 導 電 流 開 閉 能 力 3) 電 磁 誘 導 電 流 開 閉 能 力 4) 誘 導 電 流 通 電 能 力	362KV 20~50KV, 20A 以 下 52KV, 480A 480A	800KV 50KV, 20A 以 下 84KV, 720A 720A	推 算 送 電 線 200Km
5. 母 線	1) 形 式 2) 定 格 電 壓 3) 定 格 電 流 4) 接 續 方 式	相 分 離 形 362KV 4000A 플랜지 接 續	相 分 離 形 800KV 4000A 또는 6000A 플랜지 또는 熔 接 接 續	SF ₆ Gas 絶緣
6. 冑 室	1) 形 式 2) 定 格 電 壓 3) 定 格 電 流 4) 汚 損 區 分 5) 碍 管 長 이	SF ₆ Gas 絶緣 362KV 4000A 一 般 및 汚 損 地 域 用 4~5m	SF ₆ Gas 絶緣 800KV 4000A 또는 6000A 一 般 및 汚 損 地 域 用 8~10m	

논단 I

(2) 遮斷器

定格遮斷電流는 50KA 또는 63KA로 하였는데, 兩者中 어느 것이나 遮斷器의 構造 및 製作 상에 큰 差異는 없으며, 定格遮斷時間은 60Hz 基準에서 2cycles로 했다. 開閉써지 倍數를 362KV 系統에서의 3.2배 보다 加혹한 1.6배 정도로 制御하기 위해서 362KV 遮斷器와 마찬가지로 線路 再投入用의 投入抵抗을 具備하고, 追加로 故

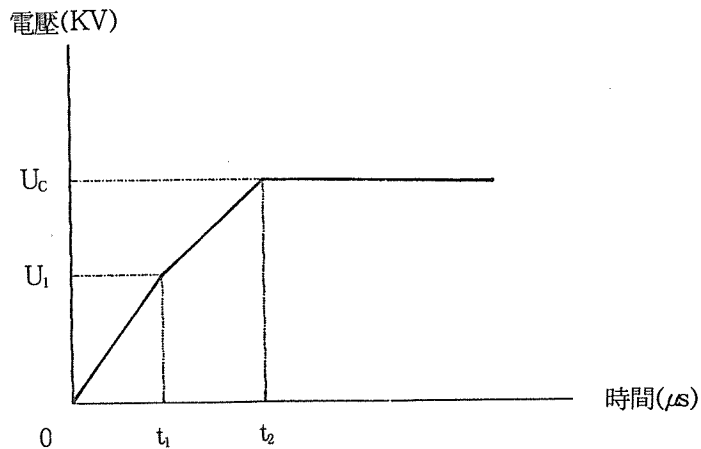
障 除去할 때의 써지도 抑制하기 위하여 遮斷 抵抗을 具備했다. 이 抵抗値는 開閉써지의 檢討를 통해서, 最適値를 決定하게 되는데, 兩者의 값이 同一하게 되면 抵抗 및 抵抗接點의 共用도 可能하게 되므로, 構造의 簡素化가 도모될 수 있다.

표 2.에는 定格電壓 362KV와 800KV에서의 過渡回復電壓 規定値를 보인다.

표 2. 362KV와 800KV급 遮斷器의 過渡回復電壓 比較

定格電壓 U (KV)	初期波高值 U _i (KV)	初期波高時間 t _i (μs)	波高值 U _c (KV)	波高時間 t ₂ (μs)	遲延時間 t _d (μs)	上昇率 U _i /t _i (KV/μs)	關聯規格
362	384	192	538	576	2	2.0	ESB 150 (1991)
800	557	579	780	837	2	2.0	IEC 56 (1990)

주) First Pole To Clear Factor : 1.3



(3) 斷路器

斷路器가 開閉하는 充電電流는 遮斷器와 斷路器 사이의 接續母線 길이에 대응한 靜電容量에 의해 決定된다. 推算에 의하면 0.5~1.0A의 電流를 開閉해야만 한다. 二重母線의 1 遮斷方式에서 나타나는 루프電流 開閉責務에 대해서 母線切換時의 가장 苛酷하다고 생각하는 回路로 推算한 結果, 回復電壓은 300~600V 정도이

다. 開閉電流는 定格電流인데, 이러한 要求에 對應하기 위해서는 Puffer형 斷路器를 具備해야만 한다. 그림 7에 斷路器의 여러 構造를 比較해 보인다.

(4) 接地開閉器

接地開閉器에 要求되는 送電線路의 誘導電流 開閉能力은 線路長 200Km, 線路補償用 리액터가 없고 遮閉線이 없는 條件에서 推算했는데,

이 責務에 對應하기 위해서는 역시 Puffer형 構造를 취해야 한다. 그림 8에 接地開閉器의 여러 構造를 比較해 보인다. 또 線路補償用 分路

リアクター가 있는 경우에는 線路 兩端 開放時의 回復電壓이 리액터 容量에 應해서 變化하므로 이점을 고려해서 設計해야 한다.

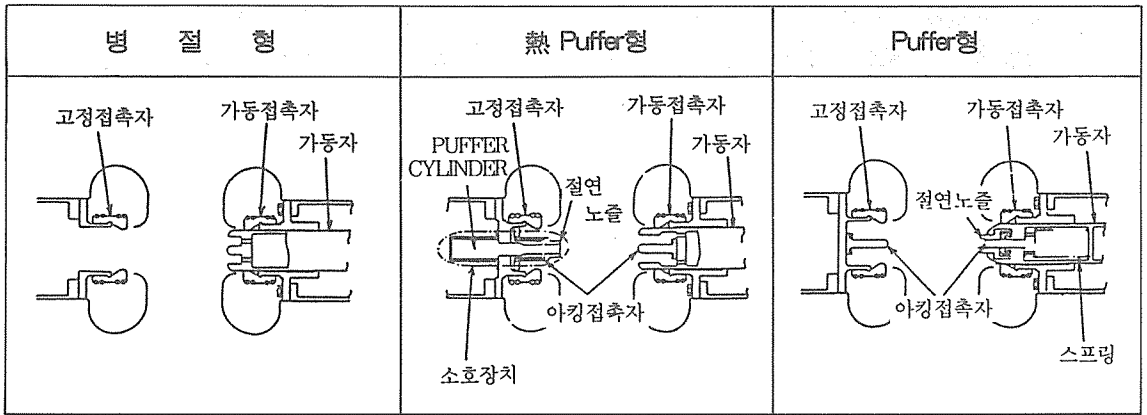


그림 7. GS 內裝形 斷路器의 構造 比較

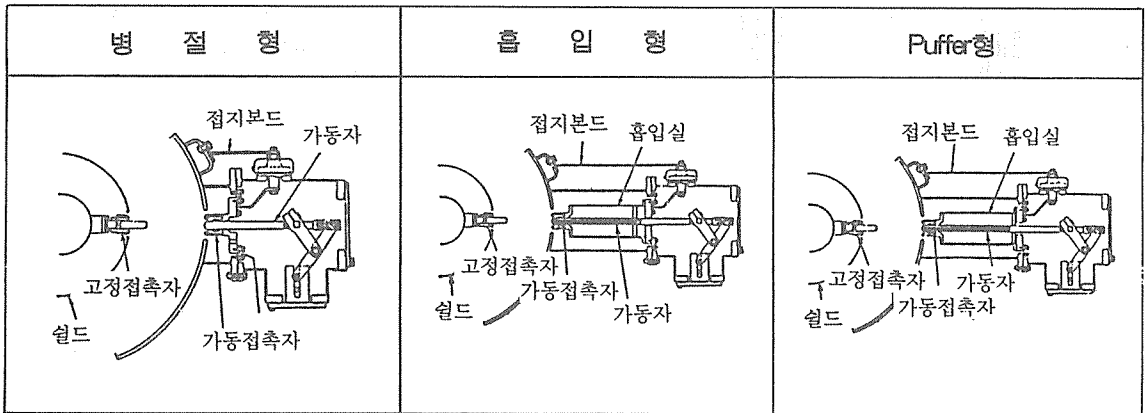


그림 8. 接地開閉器의 構造 比較

(5) 母線

800KV급 變電所는 變壓器를 제외한 機器들이 모두 Gas 絶緣方式으로 되기 때문에, 主母線을 포함한 Gas 絶緣母線의 총길이는 약 2000~3000m 정도이고, 接續個所도 크게 增加하게 된다. Gas 絶緣母線(GIB)의 接續方式에는 디스크형 또는 콘형 스페이서 등을 이용해서 볼트로 接續하는 플랜지 接續方式과 직접 容器를 熔接하여 接續하는 熔接接續 方式이 있는데, 현재 362KV급에서는 모두 플랜지 接續方式을 採

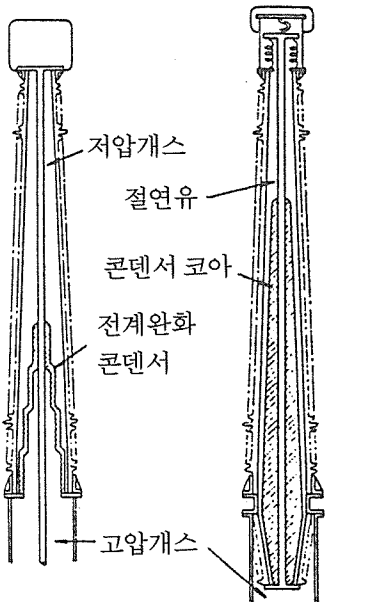
擇하고 있다. 800KV급에서는 각각의 特性을 살려서 適用하는 것이 必要하다.

플랜지 接續方式은 作業이 단순하지만 費用이 높아지는 短點이 있기 때문에, 짧은 區間이 部分, 將來增設豫定の 部分, 着脫可能性이 많은 部分에 適用하는 것이 좋다. 熔接 接續方式은 GIS와 變壓器 또는 引入 붓싱의 사이, 긴 거리를 接續하는데에 適合하며, 이 경우 經濟性의 觀點으로부터 Post形 스페이서를 이용한 母線의 導入도 必要하다. 不等侵下 및 熱伸縮에 대

한 對策도 중요한데, 이것에는 362KV급 以下의 경우와 같이 벨로우즈를 適切하게 使用하여 對處할 수 있다.

(6) 붓싱

그림 9.는 超高壓用 Gas 絶緣形 붓싱과 油侵紙 콘덴서形 붓싱의 概念圖이다. 兩者를 比較하면 油侵紙 콘덴서形 붓싱은 길이, 重量이 크게 增加하기 때문에 Gas 絶緣形 붓싱이 有利하며, 플래시오버(Flash over)등에 의한 碍管의 破損에 대해서도 Gas壓力 및 Gas容積을 低減함으로서 對處할 수 있다. 耐震性에 대해서는 碍管의 길이가 8~10m로 길게 되기 때문에 下部의 가대등 設計段階에서 耐震性能을 檢討해야만 한다. 耐震性能 向上策으로서는 탱크 強性的 向上 및 붓싱 上部重量의 輕減 외에 붓싱 支持部에 댐퍼를 이용 減銷率을 크게 하는 方法이 있다.



가스絶연형 유침지콘덴서형

그림 9. 붓싱의 比較

2.2.2 大型化 및 工場試驗에 따르는 課題

(1) 輸送

要素機器의 輸送單位로서 가장 긴 것은 붓싱인데, 輸送치수 8~10m 정도, 最大重量 5M/T

정도이므로 運送上의 問題는 없다. 그러나 輸送數量이 크게 增大되기 때문에 事前에 大量輸送의 對策을 檢討해 놓아야만 한다.

(2) 現地組立, 接續技術

GIS는 工場에서 綜合的으로 試驗한 후 主要要素機器를 Unit로하여 分割 輸送되어 現地에서 再組立되기 때문에 800KV급의 경우에는 362KV급 以下와 比較해서 現地 組立, 接續作業量이 크게 增大하며 Unit全體의 크기, 重量도 커진다. 이에 대해서 信賴性을 높이고 作業能率의 向上을 圖謀하기 위해서는 362KV以下에서 確立되어 있는 現地 組立 作業法에 가해서 一層의 技術開發이 必要하게 된다. 즉 設計的으로 是 現地 作業을 고려한 構造로 하고, 工法面에 대해서는 防塵作業의 改善, 效率性 있는 自動熔接機 그 외에 現地 組立用 機構, 工具의 改良, 開發에 努力해야 한다.

(3) 工場試驗

要素機器는 각각의 試驗方法에 의해 檢證되므로, 특히 技術的으로 困難한 問題는 없지만, 工場에서의 組合 裝置로서의 GIS 耐電壓試驗은 試驗場所의 空間上 制約으로 부터 分割해서 實施할 수 밖에 없다. 따라서 分割의 考慮 등 試驗의 實施方法에 대한 檢討가 必要하다.

2.2.3 開發과 實證

開發時에는 여러 方面에 걸쳐서 信賴性 및 實用性能을 충분히 檢證해 놓는 것이 매우 重要하다. 이 경우 362KV 機器의 開發經驗을 살려 더욱 大型化된 800KV급 機器의 實證試驗을 效率 좋게 進行하려면, 적절한 階層을 밟아야만 한다. 표 3은 800KV급 GIS의 開發實證試驗 項目이다.

3. 信賴性 檢證 試驗

以上과 같이 765KV級 主要 電力 기기인 變壓器 및 遮斷器에 대해 設計, 製作 및 試驗등의 側面에서 考察해 보았다. 만약 이들 機器의 商用 製品이 國內에서 設計·製作 될시에는 반드시

표 3. 800KV급 GIS의 開發 實證試驗 項目

區 分	供試品	遮斷器	斷路器 (接地開閉器)	母 線	부 싱	總組立狀態
	試驗項目					
絶緣強度	○ 耐 電 壓	○	○	○	○	
	○ 過 電 壓	○	○	○	○	
	○ 長 期 課 電	○	○	○	○	○
熱的強度	○ 溫 度 試 驗	○	○	○	○	○
	○ 短 時 間 電 流	○	○	○	○	
機 械 的 強 度	○ 構成部品破壞強度	○	○	○		
	○ 各 部 應 力	○	○			
	○ 耐 震 強 度			○	○	○
	○ 短 絡 電 磁 力	○	○	○	○	
	○ 輸 送 試 驗	○			○	
開閉操作 性 能	○ 開閉動作特性	○	○			
	○ 壽 命 試 驗	○	○			
電 流 開 閉 性 能	○ 各種遮斷特性	○				
	○ 루프電流開閉		○			
	○ 進相小電流開閉	○	○			
	○ 誘導電流開閉		○			
氣 密 性	○ GAS 氣密試驗	○	○	○	○	○
	○ GAS 監視裝置特性					○
組立作業性	○ 組 立, 接 續					○

서 實際의 運轉 條件을 모델링하여 各 기기의 運轉 性能이나 信賴性등에 對한 嚴格한 實證 試驗이 隨伴되어야 한다.

4. 結 論

2000年代에는 電源地와 負荷地까지 電力 輸送量, 距離, 地上權確保 問題등을 考慮할 때 765KV로 格上運轉이 必要하다. 韓電은 長期電 源 立地規模를 勘案하여 格上系統을 早期에 決定하여야 되리라 본다. 그래야 研究開發과 機器

開發이 이루어질 수 있기 때문이다. 當社에서는 韓電技術研究院이 1992. 12月 完工豫定으로 工 事中에 있는 次期超高壓 實證 試驗線路 試驗場에 必要한 765KV 3MVA 變壓器를 開發中에 있으며, 韓電資金支援事業으로 “765KV급 電力 用變壓器 設計 및 製造技術開發”이란 課題로 765KV급 電力用變壓器(500MVA)와 “765KV GIS 開發”이란 課題로 KERI 主管下에 GIS開發에 參與하고 있다. 이 課題가 完了되는 1995년 頃에 實規模의 試驗도 可能하리라 생각된다. 이 러한 機器의 開發도 765KV 送電電壓格上이 早 期에 採擇되지 않는 한 意味가 半減될 것이다.