GIS에서의 Very Fast Transient 측정과 대책

김일권* · 신희용**
(*한전 송변전처 변전계획부장, **동 기술역)

1. 概 要

國內에서 가스絶緣開閉裝置(Cas Insulated Switchgear : GIS)는 80年初에 開發되어 10여년 使用되어왔으며 適用對象도 全系統電壓으로 擴大되어 大容量化와 더불어 機器의 縮小化가 進行되고 있으며 將來의 UHV變電所에서도 GIS가 適用될 것으로 展望된다.

또한 GIS에 對한 國內規格이 制定됨에 따라 國內의 重電機業體에서도 많은 硏究와 試驗이 보다 活潑히 推進되고 있는 實情이다.

最近 在來型 變電所에서는 發生하지 않고 GIS를 使用하는 變電所에서만 急峻過度振動波電壓이 發生하여 이것이 GIS 및 系統에 影響을 미치고 있다. 이러한 Surge에 對한 問題點이 世界的으로 關心이 높아지고 있는데 急峻波 Surge의 波高値 到達時間이 0.1μS以下로 매우 짧아 Very Fast Transient Voltage라고 명명하고 GIS에 있어서 V.F.T. 發生과 이의 影響 및 絶緣特性에 對하여 多數의 硏究結果가 發表되었으며 持續的인 硏究調査가 遂行되고있다.

또한 이 V.F.T.가 原因이라고 생각되어지는 事故가 一部 國家에서 報告되고 있으며 國內에서도 90.2月에 韓國電力의 345KV 신울산變電所에서 362KV GIS Tank의 외함 Flange 絶緣區劃에서 放電現像이 發生되었던 事例가 있어, GIS를 構內에 設置 運用해야하는 電力會社의 立場에서 또한 向後 都心地內에 建設計劃인 345KV 屋內變電所에서의 問題點 이 豫想됨에 따라 GIS操作에 따른 2次機器 및 電力Cable에 미치는 영향을 國內에서 發生된 V.F.T現像을 測定하여 原因을 검토하고 對策을 樹立하여 事故를 豫防하고자 합니다.

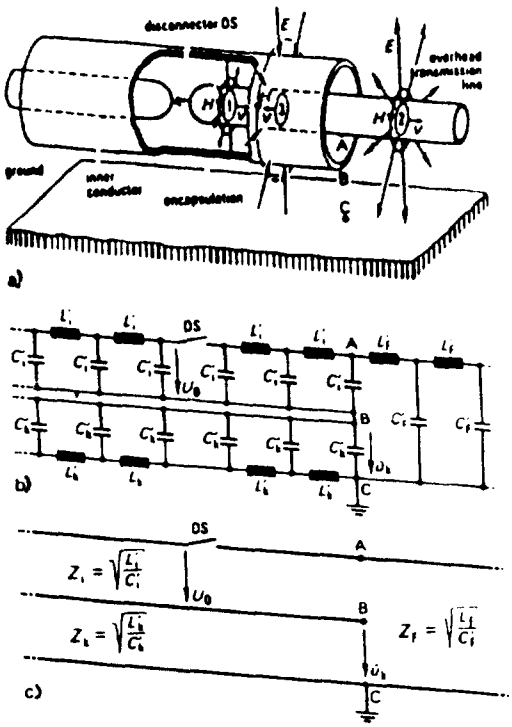
2. V.F.T의 發生原因

GIS에 있어서의 V.F.T는 D.S, 遮斷器操作 또는 地絡事故時 發生되며 이러한 急峻波 Surge 發生은 充電電流 遮斷時 接點의 Open을 爲해 移動途中 負荷側에 殘留된 電荷에 依하여 斷路器 極間에 걸려있는 殘留電壓이 그 時點에서 GAS의 絶緣耐力을 超過하는 瞬間再點弧가 發生되어 極間을 短絡시키며 再點弧에 依해 發生된 進行波는 母線과 enclosure間을 進行하다가 Impedance의 不連續點에서 反射, 透過를 反復하여 복잡한 파형을 지닌 進行波를 만드는데, 이것이 단로기의 開閉 surge 즉 V.F.T이다. Main conductor에 發生된 V.F.T에 依하여 Enclosure에는 외함과 大地間의 靜電容量 및 接地系統의 Inductance 分布에 따라 一點接地方式의 Enclosure 絶緣部間에 放電現象이 發生할 수 있으며 이러한 現象이 345KV 신울산S / S에 發生된 것이다.

이 상황을 모의 그림으로 나타내면 그림 1과 같다.

3. GIS에서의 V.F.T현상의 種類

V.F.T는 GIS中에서 發生한 時點에서는 4~7[ns]



a) 단로기의 조작에 의해 발생한 進行波의 傳播
① 내부 동축 모선
② 가공송전선
③ 대지와 외함과의 간격
b) a에 대한 집중정수로의 표시
c) 무한장의 회로로 가정하여 과도용기전압 U_k의 계산을 위한 단선도

그림 1. 모의 그림

의 急峻的인 上昇時間을 가지나 變電所의 規模에 따라 수십 KHz~MHz의 單一周波數로 되기도 하며, 부싱을 通過하거나 GIS의 操作에 依해서 파형 즉, 周波數와 振幅은 變化한다.

V.F.T를 發生原으로 부터의 距離에 따라 內部V.F.T와 外部V.F.T로 分類할 수 있으며, V.F.T現像은 GIS內外部의 댐핑效果와 電力設備의 Layout으로 決定되는 進行波의 반사에 依해서 變化한다. GIS에서 發生하는 V.F.T와 電力 設備의 機器에 미치는 影響을 간략히 나타내면 그림 2와 같다.

4. 345KV 신울산S / S 362KV GIS放電現像

345KV신울산S / S構內에서 1990.2月 主變壓器 增設工事를 끝내고 機器의 竣工試驗을 하는 過程에서

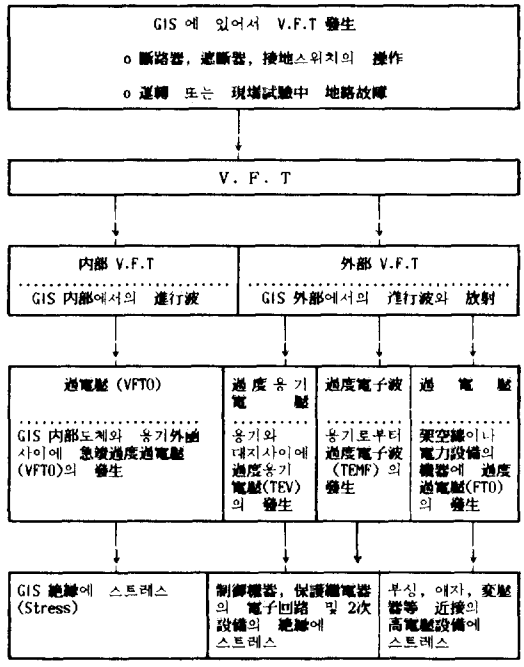


그림 2. GIS에서 발생하는 VFT와 전력 설비의 기기에 미치는 영향

362KV GIS의 CB및 DS를 開閉操作時에 現場에 있던 勤務者들에 의해 閃光과 異音이 發見되었던 現像이며 이를 制作業體인 HICO에서 Voltage Divider와 Osciloscope를 使用하여 側定한 結果입니다.

4.1 現象

○신울산S / S 362KV 2000A GIS의 CB投入 및 DS 開閉時에 外部탱크 絶緣接續部의 絶緣Bolt와 Flange部分에서 放電現象이 發生되었으며

○신울산S / S 의 362KV GIS의 境遇 효성製品으로 接地方式에는 一般的으로 1點接地方式과 多點接地方式(그림 3.4)으로 나누어지는데 효성은

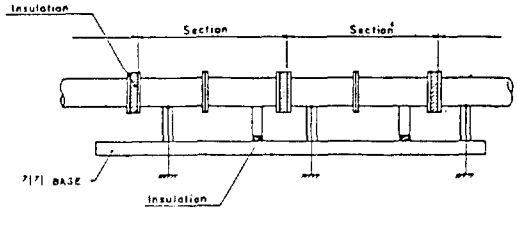


그림 3. GIS의 1點 接地方式

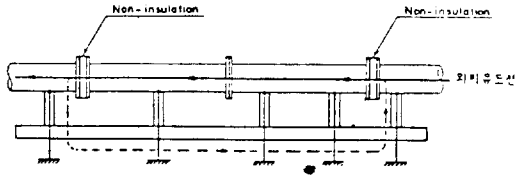


그림 4. GIS의 多點 接地方式

三相一括型外函은 多點接地方式, 單相分離型 外函은 一點接地方式을 採擇 使用하였으며 이 중 1點接地方式으로 된 T/L Feeder中에서 發生된 것이다.

4.2 Surge測定 및 檢討

○測定槪要

放電現像이 외관적으로 比較的 크다고 判斷된 NO.2 BUS側 斷路器 開閉中에 絶緣接續部의 兩 Flange의 發生電壓을 測定함.

—測定日字 : '90.2.16.14 : 00~18 : 00(흐림)

—測定部位 : NO.2 Bus側 斷路器(7571)와 遮斷器(7500)의 絶緣接續部

—測定回路 : 그림 5,6 參照

○特定位置(그림6)

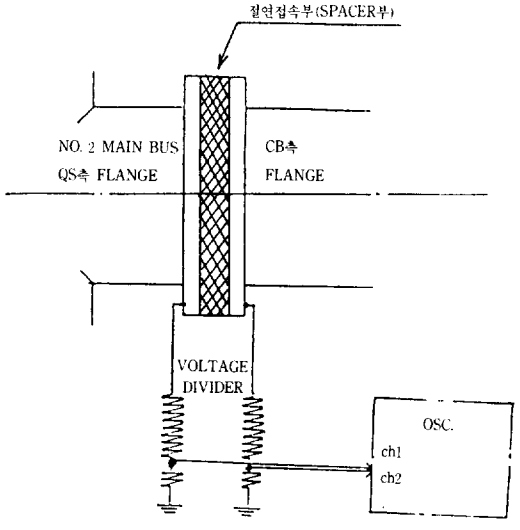


그림 5. 측정 회로

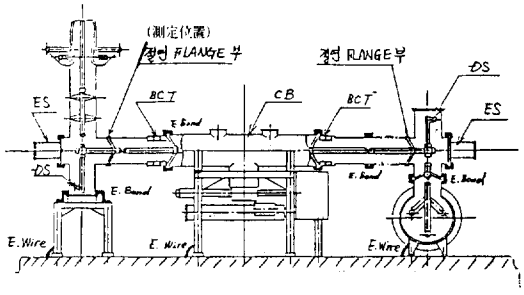


그림 6. 신울산S/S 362KV GIS 放電現象 測定位置

4.3 測定結果

○測定電壓

斷路器動作		SURGE PEAK VOLTAGE	羊波高時間	備考
7521 CLOSING	+	50.4KV, Peak	—	시간판별불가
	−	50.8KV, Peak	—	〃
7521 OPENING	+	44.8KV, Peak	0.1~0.3μs	
	−	61.6KV, Peak	0.1~0.3μs	

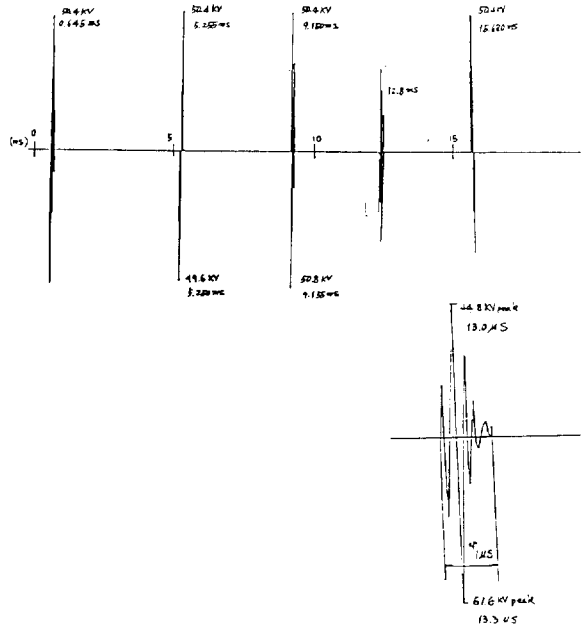


그림 7. 측정파형

○測定波型

*7521 Closing時

- OSC.의 트리가 時點으로 부터 +Peak 間隔이 4.7ms에서 2.9ms로 줄어듬.
- OSC.의 時間幅을 0.5ms로 Setting하여 파형의 세밀한 分析 不可하나 한 파형당 대략 5~6回의 반전이 있는 것으로 보임. (그림 7. 8.9.10, 표1)

* 7521 Opening時

- +Peak間隔은 測定못함.
  Closing時와 類似한 것으로 추정됨.
- OSC.의 時間幅을 10μs로 한 바, 한 파형에서 Peak to peak間隔이 0.3μs로 판별, 대략 5회의 반전이 있음.

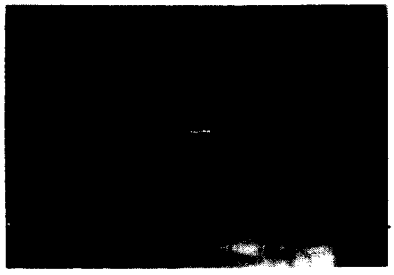


그림 8. 362KV 外部 CASE의 BOLT사이 發生하는 放電現象

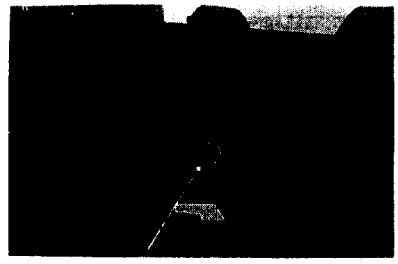


그림 9. DS 操作時 發生하는 放電現象

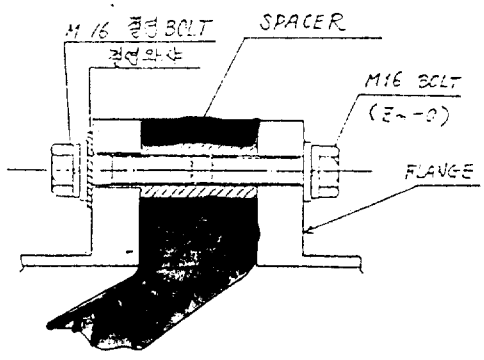
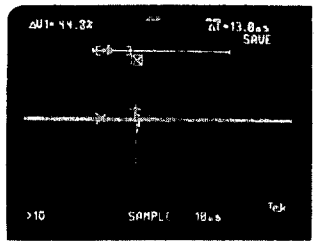
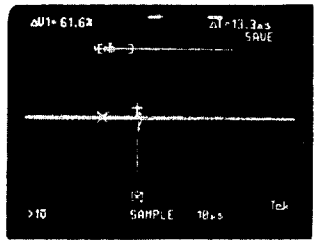


그림 10. 絶緣FLANGE 상세도

표 1. OSC파형

NO.	OSC파형	내 용
DS OPENING		○트리가점으로 부터 -peak까지 시간, △T=13.0μs ○+peak값 △V1=44.8%×5칸(100%)×1 (V/DIV)×20000(배 율) =44.8KV
DS OPENING		○트리가점으로 부터 -peak까지 시간, △T=13.3μs ○-peak값 △V1=61.6%×5칸(100%)×1 (V/DIV)×20000(배 율) =61.6KV

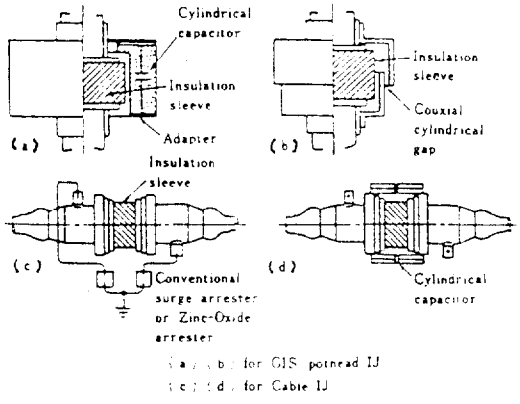


그림 11. Structure of surge suppression methods for GIS pothead IJ and Cable IJ

○測定結果檢討

Surge peak voltage에 대한 測定電壓은 44.8KV에서 61.6KV로써 半波高時間은 約0.1-0.3μs로 나타났으며 이러한 電壓發生이 勤務者에게 미치는 影響을 檢討한 日本 資料에 의하면 손으로 직접 接觸할 경우 반파고시간 1μs에서는 5KV정도까지, 0.4μs에서는 7KV정도까지 감지되지않고 면장갑을 착용한 境遇는 10KV까지도 감지되지 않으며 인체의 許容電流 $1k=0.155/\sqrt{t}$(A)의 식에서 電壓持續時間(t)을 1μs로 한다면 $1k=155$(A)이고 인체저항값을 500(Ω)으로 볼때 Surge電壓이 78KV以下이면 인체에 영향을 미치지 않는 것으로 說明되고 있으며 日本의 경우 絶緣接續部에 一定電壓以上이 發生될 경우에는 동축원형 Capacitor나 Surge arrester로 電路를 인위적으로 形成하여 외함 Surge電壓을 抑制시키는 方法이 550KV級 以上에서 적용한 例가 있습니다.

5. 二次機器로의 影響과 問題點

開閉 Surge등이 低壓側으로 誘導된 경우에는 GIS의 Tank, 制御回路, 電子裝置, PT, CT등 低壓側 構成機器에 誘導되어 Tank間에 放電發生, 電子裝置의 誤動作 또는 動作不能, 또 低壓側 絶緣物의 절연 파괴등을 일으키는 境遇가 있으며 特히 最近에는 制御回路등이 電子回路가 되어, 미소한 Surge에 依해서도 技能을 상실하기 쉬운 Transistor, IC, LSI로 構成되어 이에 대해서는 充分한 對策이 必要하게 됩니다.

그러나 低壓回路系로의 誘導Surge해석은 대상으로 하는 시스템의 構成이 대단히 복잡하고 Tank와 가대의 Surge임피던스와 감쇄가 정확히 파악되기 어려운 점, 또 기초대의 接地Mesh, 建物의 영향들이 不明確하기 때문에 실제로 發生하는 誘導 Surge를 解析에 依해 求하는 것은 困難한 實靜이다.

따라서 모의 및 實機器를 利用한 실험에 依해 誘導되는 電位, 電界等을 測定低減方法 및 그 크기를 파악하는 것이 必要합니다.

6. VFT에 對한 低減方法 및 對策

6.1 變電所構成의 對策方法

○GIS近方의 接地 Mesh간격을 적게한다.

—實側例로서 8m 간격의 Mesh와 2.5m 간격의 Mesh의 경우를 比較할때 誘導Surge는 50%~80%로 줄어들었다.

○接地抵抗을 적게한다.

6.2 GIS構成上의 對策方法

○外被에 可能限한 絶緣接續部를 두지 않는 構造로 하되 機能上 필요할 경우에는 L.A, 바리스타, 콘덴사, GAP等을 두어 By-pass시킨다. (GIS와 Cable 接續部도 同一하게 處理)

—345KV 신울산變電所 경우 絶緣接續部에 ZNR을 취부하여 Surge 電壓이 低減된 效果를 나타냈음. (測定中 Divider의 소손고장으로 電壓値 測定 不可하였으며 추후 再測定 豫定임)

○GIS의 Tank 높이를 낮게 한다.

○接地線의 길이를 짧게하고, 斷面積을 키우며, 接地個所를 增加한다.

○TANK의 接地는 GIS의 끝단부에 한다.

○構造的으로 可能한 경우 GIS의 끝단부와 本體間에 Shield板을 取付한다. (特히 붓싱말단부)

○接地電位가 低壓側 制御部는 安定된 場所에 設

置, 位置케 한다.

6.3 制御 Cable 對策方法

○차폐 Cable을 채용하고 兩端을 필히 接地한다.
○GIS, 電力Cable의 近方에 있는 制御Cable은 길이를 可能限 짧게하고 이격거리를 充分히 한다.
○接地用 리드선의 길이를 最短으로 한다.
○使用하지 않는 심선은 兩端接地한다.

6.4 電子回路側 對策方法

○AMP PD의 경우 增幅器 입구에 Surge Absorber를 취부한다.
○AMP PD는 증폭기 入力단자부의 接地側 Condenser容量을 크게 한다.
○廣 Fiber을 採用하여
○電源回路는 LC Filter, 絶緣 TR등을 채용하여 Noise에 强한 System으로 한다.
○마이크로 콤퓨터 시스템의 設置場所는 電子場을 充分히 Shield 한다.

7. 結 論

SF6 gas-insulated-switchgear內에서의 SW 作動은 V.F.T現像을 일으키며 V.F.T는 GIS의 절연물이나 2次 機器에 影響을 미치나 現在까지는 國內GIS에서 VFT발생으로 因한 運用上 支障을 초래하는 事例가 發生 되지 않았으나 都心지내의 345KV 屋內 變電所의 複合建物建築의 境遇와 制御系統의 Computer化 추세, 345KV, 154KV 地中 Cable의 GIS와의 連結에 따른 影響이 事前에 充分히 檢討되어 對策이 構究되어져야 겠으며 向後 電壓階級의 格上時에는 多角的인 側面에서 檢討되어져야 하겠습니다.

참 고 문 헌

[1] J. Meppelink, K. Diederich K. Feser(SM), W. Pfaff : Very fast transients in GIS(IEEE, PWRD Vol. 4, January 1989)
[2] HICO : 362KV 신울산 P/O 362KV GIS放電現象에 關한 檢討書
[3] GIS性能に配慮されている問題 : 電氣學會 技術報告 (Ⅱ部) 163號
[4] 가스絶緣開閉裝置에 있어서 急峻過度振動波電壓의 發生과 絶緣特性 : 河村達雄, 李福熙