

가스절연개폐장치(GIS) 철공진(Ferroresonance) EMTP해석

정영환, 이동수, 김정배, 이학성  
(주)효성 증공업연구소

EMTP Analysis for Ferroresonance of Gas Insulated Switchgear

Y.H.Chung, D.S.Lee, J.B.Kim, H.S.Lee  
HYOSUNG COPORATION

**Abstract** - This paper deal with the study of the phenomenon of Ferroresonance in the 170kV Gas Insulated Switchgear(GIS). The Electromagnetic Transient Program(EMTP) was used to simulate the phenomenon of Ferroresonance and conducted the study of the transient over-voltage. An example power system, used in this study, have an accident that the ferroresonance phenomenon happens at MOF VT(Voltage Transformer). The simulation results notices that the secondary part of VT has to be connected by ferroresonance suppressor when the circuit breaker connected with grading capacitor is switched off.

1. 서 론

국내 전력수요의 지속적인 증가로 초고압 변전소에서 가스 절연형 스위치기어(Gas Insulated Switchgear, 이하 GIS) 설치도 꾸준히 증가되고 있으며, GIS는 고신뢰성, 유지보수 용이성, 축소/경량화 등으로 기존의 스위치기어에 비해 널리 사용되고 있다. 이러한 GIS의 구성품 중 종래의 차단기(Gas Circuit Breaker, GCB)에는 근거리 선로고장 차단 및 모선고장 차단시에 대비하여 차단기의 과도회복전압(Transinet Recovery Voltage, TRV) 성능의 여유를 충분히 확보키 위해 차단기 극간에 극간 콘덴서(Grading Capacitor)를 적용하고 있다. 그러나 이러한 방식도 현재에는 극간콘덴서가 없는 차단기가 개발되어 적용중이나, 아직까지도 과거에 설치된 많은 변전소에서는 극간콘덴서가 부착된 가스차단기를 사용하고 있다.

이러한 극간콘덴서는 차단기가 개방된 상태에서도 전기적으로 부하측과 연결시켜 부하측의 대지간 정전용량과 결합되게 되며, 일반적으로 차단기가 개방되면 차단기 극간에 전원측 전압이 인가되어야 하지만, 변전소 운전조건에 따라 부하측의 대지간 정전용량이 극간콘덴서의 정전용량에 비해 아주 작을 경우에는 용량분압에 의해 전원측 전압의 대부분이 부하측에 인가된다.

본 논문에서는 다루고자 하는 철공진현상은 근본적으로 극간콘덴서가 있는 종래의 차단기가 적용된 변전소에서 모선(Main-Bus)에 설치된 계기용변성기인 가스절연 VT(Voltage Transformer)에서 발생하는 현상으로 1차적으로는 앞서 설명한 용량분압에 의한 전압인가와 VT의 비선형적인 여자특성에 기인한다.[1] 그러나, 본 논문에서는 이러한 일반적인 철공진에 의한 모선VT의 사고와는 달리, 변전소 오퍼레이터의 운전조작에 따라 T/L Line측에 설치된 MOF VT에서도 동일한 현상이 발생할 가능성이 있음을 파악되었고 이를 규명키위해 가장 일반적인 과도현상 해석프로그램인 EMTF (Electromagnetic Transient Program)를 사용한 해석을 수행하여 실제 철공진 발생 가능성을 검토하였으며, 그 결과를 다음과 같이 정리하였다.

2. 본 론

2.1 EMTF 모델링

본 논문에서 사용된 모의계통을 그림 1에 나타내었다.

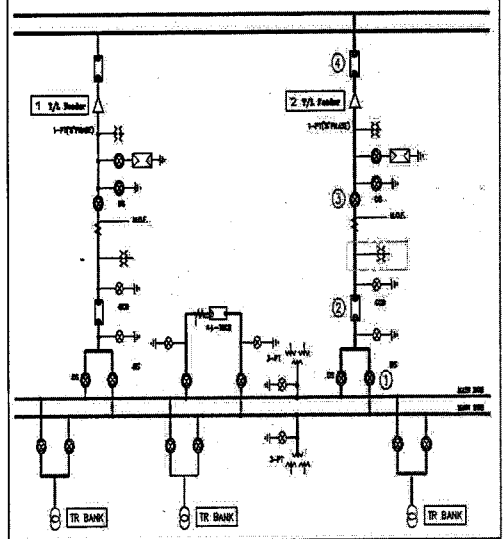


그림1. 모의 계통

그림 1에서 좌측의 #1 T/L Feeder가 가압되어 운전중인 상태에 있을때, 그림 1 우측의 #2 T/L의 ①DS를 투입한후, ②CB를 Close-Open하면, ②CB에 설치된 극간 콘덴서에 의해 MOF VT(그림 1에 박스로 표시된 부분)에 철공진 발생을 위한 기본조건이 성립된다. 따라서, 이러한 조건을 고려하여 그림 2와 같이 EMTF로 모델링하였다. 대지간 정전용량은 MOF VT의 정전용량인 100[pF]과 MOF VT가 설치된 위치의 GIS의 단위길이당 정전용량에 GIB의 길이를 곱한 값으로 설정하였고, 다양한 상황 모의를 위해 추가적으로 몇가지 정전용량을 가정하여 해석하였다. 여기서, MOF VT의 V-I특성 및 임피던스는 VT제작사로부터 제공받은 값을 사용하였다.

표 1. MOF VT의 특성데이터

Primary winding resistance	12.6 [kΩ]
Secondary winding resistance	0.31 [Ω]
Leakage Inductance	194 [H]
C value to earth	100 [pF]
Current at steady state	1.4 [mA]
Flux at Steady state	334 [Wb]
Resistance in magnetizing	31.6 [MΩ]

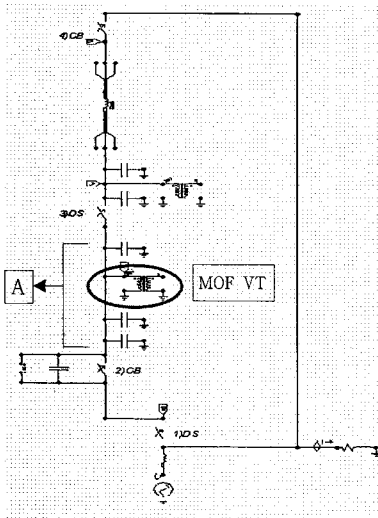


그림 2. EMTP 모델링 회로

### 2.2 EMTP 해석결과

현재 대부분의 변전소에서 모선에 설치된 VT 2차측에는 철공진억제소자가 부착되어 있으나, 선로측에 설치된 MOF VT에는 철공진 발생가능성이 없는 것으로 판단되어 철공진 억제소자가 설치되어 있지 않은 것으로 가정하였다.

먼저, MOF VT 자체의 커패시턴스인 100[pF]과 MOF VT가 설치된 위치 주변의 GIS 정전용량을 고려하여 대지간 정전용량을 450[pF]으로 설정한 경우 EMTP해석결과를 그림 3과 4에 나타내었다.

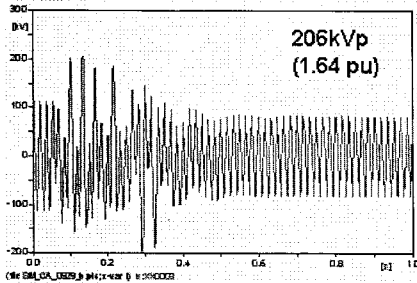


그림 3. 대지간 정전용량 450[pF]조건에서 MOF VT의 1차측 전압파형

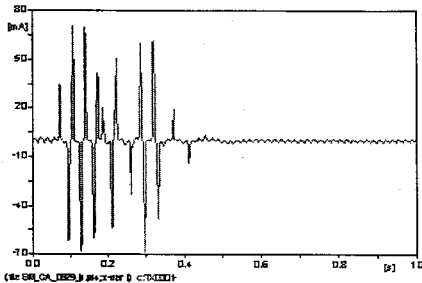


그림 4. 대지간 정전용량 450[pF]조건에서 MOF VT의 1차측 전류파형

그림 3, 4의 해석결과에서 알 수 있는 바와 같이, 본 논문에서 설정한 변전소 운전조건에서 MOF VT에 철공진에 의해 약 1.6[pu]의 과전압(206kV) 및 약 70[mA]의 과전류가 차단기가 0.05[sec]에서 Open한 후 순간적으로 발생하여 약 0.3[sec]가량 지속됨을 알 수 있다.(1[pu]=125.74kV=154kV $\times\sqrt{2}\div\sqrt{3}$ )

그림 4의 전류파형에서 나타난 70[mA]는 MOF VT의 정상상태 전류치인 1.4[mA]의 약 50배에 해당하는 값으로서 이 정도의 전류가 순간적으로 발생할 경우 VT권선에서는 매우 높은 온도의 열이 발생함과 동시에 권선이 소손될 가능성이 있을 것으로 판단된다.

그림 5와 6은 각각 대지간 정전용량을 350[pF]인 조건과 1000[pF]인 조건에서 MOF VT의 1차측 전압파형을 나타낸 것이다. 350[pF]인 조건에서는 약 2.0[pu]의 과전압(250.2kV)이 발생하는 것으로 나타났으며, 1000[pF]인 조건에서는 약 1.4[pu]의 과전압(181.6kV)의 과전압이 발생하는 것으로 해석되었다.

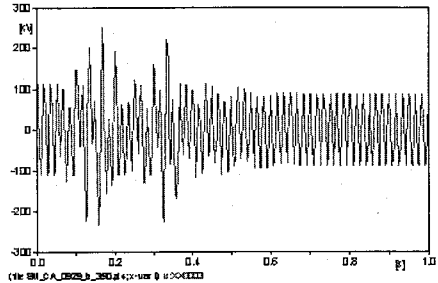


그림 5. 대지간 정전용량 350[pF]조건에서 MOF VT의 1차측 전압파형

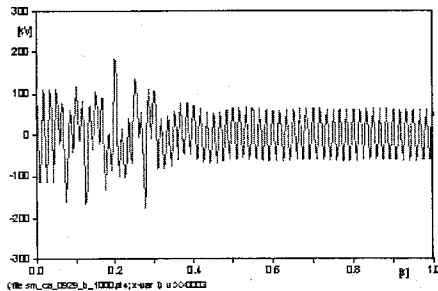


그림 6. 대지간 정전용량 1000[pF]조건에서 MOF VT의 1차측 전압파형

이상의 결과에서 알 수 있는 바와 같이, 일반적으로 알려진 대지간 정전용량이 커질수록 철공진에 의한 영향도 대체로 줄어들음을 알 수 있다. 그러나, 철공진 현상은 근본적인 원인이 VT의 비선형적인 여자특성에 기인하므로 반드시 대지간 정전용량이 커질수록 위험요소가 줄어든다고 볼 수는 없다고 보여진다.

### 3. 결 론

초고압 변전소에서 GIS 조작시 고려되어야 할 MOF VT 철공진 발생가능성에 대한 연구결과를 도출하였다. 본 논문에서 알 수 있듯이, 철공진 현상은 모선 VT에서만 고려되어야 할 사항이 아니라, 선로측에 취부되어 있는 MOF VT에 대해서도 GIS 조작조건에 따라 철공진이 발생할 수 있음을 확인하였다. 따라서 초고압 GIS를 조작할 때에는 철공진을 발생시킬 수 있는 조건이 아주 짧은 시간이라도 성립되지 않도록 주의가 요구되며, 만일을 대비키 위해서라도 모든 VT에는 철공진을 억제하기 위한 보호장치가 필수적으로 설치되어야 할 것으로 판단된다. 이와 더불어, 실제통에서 VT에서의 철공진 발생에 관한 실증시험을 거쳐 해석결과와 비교, 검토될 때 더욱 유용한 연구 자료가 될 것으로 사료된다.

#### [참고 문헌]

- [1] Kerstin Kunde, Lutz Niedung and Alois Umlauf "Damping ferroresonance in transmission networks" Elektron, Vol.13, Iss.11, pp.37-40, 1997