

변전소 구내 초전도설비 구축에 따른 접지시스템 설계

조흥상, 양병모, 김태훈, 정채균, 강지원, 강연욱
한국전력공사

Design of Earthing system for superconducting infrastructure to the substation premises

H.S Cho, B.M Yang T.H Kim, C.K Jung, J.W Kang, Y.W Kang
KEPCO

Abstract - 초전도전력기기 설계용 적용 시범사업이 정부지원으로 한국전력이 주관하고 제작업체가 참여하는 방법으로 이천변전소에서 진행되고 있다. 이천변전소는 무인변전소로 구내에는 전자제어 및 계전기 등 전기적 잡음에 민감한 설비의 설치가 증가하고 있다. 따라서 개폐장치의 스위칭 동작, 뇌격의 침입, 기존 GIS대신 친환경 고체 절연 개폐장치(SIS)의 사용으로 변전설비 보호를 위한 접지설계가 중요하며, 고체절연 개폐장치(SIS)의 상도체와 외함사이에 유도결합에 의해 발생하는 이상 전압 등 변전소 구내외에서 발생하는 써지의 접지망 유입에 의한 접지도체의 전위상승이나 유도전압에 대한 대책이 필요하고, 특히 초전도 전력기기의 안정적인 운영을 위한 기술적인 접지망 분석 및 설계가 요구되고 있다.

1. 서 론

초전도전력기기 설계용 적용 시범사업이 정부지원으로 한국전력이 주관하고 제작업체가 참여하는 방법으로 이천변전소에서 진행되고 있다. 초전도시범사업을 수행하기 위한 변전소 선정시 고려해야 할 사항은 초전도 전력기기 설치 및 운영시 발생할지도 모를 고장에 대한 대처가 신속히 이루어져야 하며, 초전도전력기기를 계통에 연계할 때 모선 분리가 용이한 옥외GIS변전소가 유리하다. 또한 최대부하량이 100MVA이상이고, 변압기 1뱅크 당 최대부하는 35MVA이상이어야 한다 (초전도케이블 부하전류(50MVA)의 70%이상). 특히 사고복구시 부하절체가 가능도록 주변압기 3뱅크 이상인 변전소이어야 한다. 초전도케이블(500m)포설 및 냉각시스템을 설치할 수 있는 공간 확보가 필요하므로 옥외GIS변전소인 이천변전소를 선정하였다. 초전도 전력기기의 초전도케이블과 초전도 한류기로 구분하여 설치되며, 이천변전소 #5의 2차측 모선을 SIS(초전도 전력기기의 보호협조 및 유지보수를 위하여 새롭게 추가로 설치된 23kV 모선)까지 전력케이블로 연결하고 SIS에서 약 500m를 초전도케이블로 연결하였다. 또한 초전도 한류기는 장평D/L에 연계하는 형태로 설치되었다. 초전도 전력기기의 설계용 적용을 위하여 초전도 전력기기를 위한 접지망을 별도로 설치하였다. 본 논문에서는 기존 이천변전소의 접지망에 대한 분석, 신설 초전도전력설비에 따른 접지망을 기존변전소와 대지전위를 동등하게 하기위한 접지망 연계방안 등을 소개하고자 한다.

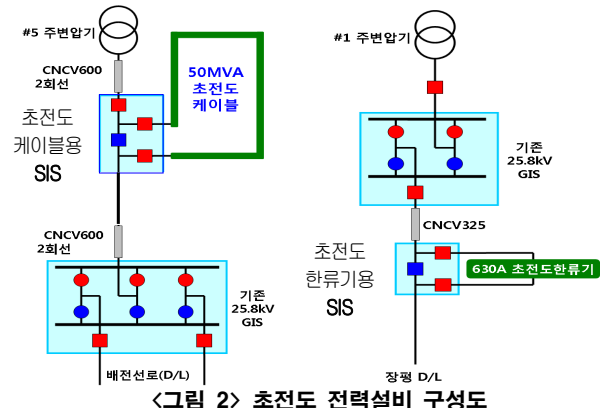
2. 본 론

2.1 이천변전소 초전도 전력설비 구축

이천변전소 내 초전도전력기기는 50MVA초전도케이블과 630A/3kA초전도한류기로써, 이천변전소 내의 설치위치는 [그림1]과 같다. 50MVA 초전도케이블은 #5 주변압기 2차측에 연결(500m)하였으며, 630A 초전도 한류기는 장평D/L 인출단에 설치하였다. [그림2] 참조



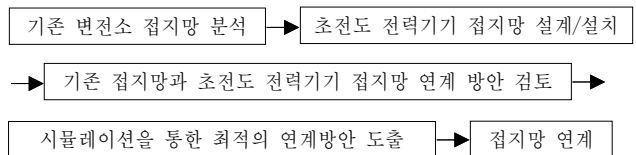
〈그림 1〉 초전도전력설비 설치도



〈그림 2〉 초전도 전력설비 구성도

2.2 이천변전소 초전도 전력기기 접지시스템 구축 개요

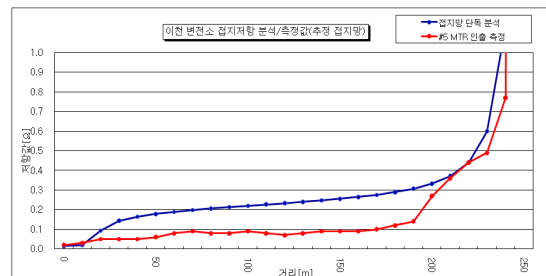
기존 이천변전소의 접지망에 대한 분석을 수행 후 초전도 전력기기 및 SIS를 위한 접지망을 설계 및 설치하고, 기존 이천변전소의 접지망과의 연계를 통하여 변전소 구내 전반에 안정적인 접지저항을 유지토록 하는 과정으로 진행하였다. [그림3]참조



〈그림 3〉 초전도 전력기기 접지시스템 구축 절차

2.3 기존 이천변전소 접지저항 분석

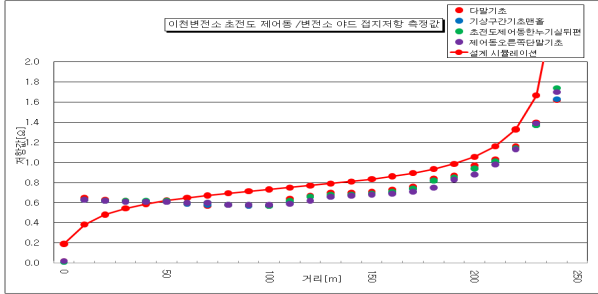
[그림4]는 변전소측에서 실측한 접지저항곡선과 컴퓨터 모델링을 통하여 얻은 접지망의 접지저항곡선을 비교한 것이다. 컴퓨터모델링은 변전소 접지망에 대한 자료의 부족으로 인하여 수평3층 토양모델과 철탑을 모의하여 수행하였다. 변전소 활선상태 접지저항의 실측값은 0.0893Ω으로 측정되었으며, 모델링 접지망을 시뮬레이션하여 얻은 분석값보다 0.13Ω정도 낮게 측정되었다. 오차에 대한 원인으로는 시뮬레이션값은 실제 계통상태를 고려하지 않은 순수 모델링 접지망의 저항이고, 현장 측정값은 계통과 연결되어있으므로 계통 및 설비의 영향을 받았기 때문으로 파악된다. 단편적인 측면에서 접지 저항값으로 접지망의 안정도를 판단해보면 변전소 전체 접지상태는 안정적이라고 판단할 수 있다.



〈그림 4〉 시뮬레이션 대비 실측 접지저항 비교

2.4 초전도 전력기기 접지망 설계 및 설치

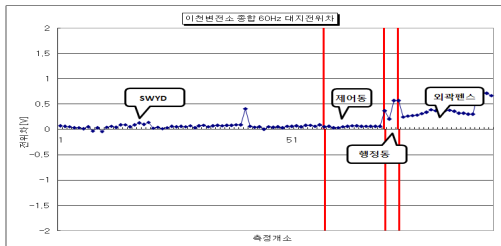
초전도 전력기기는 초전도 한류기가 설치된 제어동 및 초전도 케이블, 케이블단말, 접속함, 스프레이크 등 등으로 넓은 면적에 위치하고 있다. 접지망을 설계 후 시뮬레이션한 결과 접지저항 0.7815Ω, 허용접촉전압(472V) 및 최대허용보폭전압(1541V)으로 예측되었다. 접지망의 설치 후의 접지망에 대한 접지저항을 실측한 결과 시뮬레이션과는 약간 다른 결과가 나타났다 (그림 5참조). 초전도 전력기기 접지망의 접지저항값은 0.65 ~ 0.674Ω으로 전영역이 기준에 만족하고 있다.



〈그림 5〉 접지저항 실측값과 시뮬레이션값 비교

2.5 이천변전소 구내 대지전위 측정

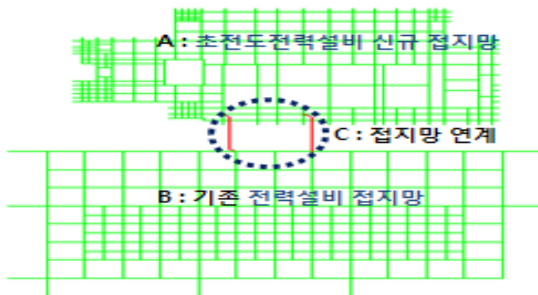
변전소의 접지망에 유입되는 전류에 의해 생성되는 대지전위를 측정하여 사고시 상승 전위를 파악하였다. 이천변전소의 대지전위 측정은 #5 MTR중성점 접지축의 접지선과 무한원점을 기준으로 변전소내 GIS 축, 초전도체어동, 행정동, 외곽펜스에서 발생하는 대지전위를 측정하였고, 측정결과는 [그림6]에 나타내었다. 접지망이 포설되어 있는 GIS(MTR포함)지역과 제어동부지는 고른 대지전위 분포를 보이고 있으며, 외곽펜스 지역의 대지전위 측정 결과를 보면 다소 접지망 상태가 미흡한 것으로 판단된다. 대지전위 분포는 전위차가 작아 전반적으로 안정적인 대지 전위군을 형성하고 있다.



〈그림 6〉 변전소의 대지전위 분석

2.6 변전소 기존 접지망과 초전도전력기기용 접지망 연계방법 검토

초전도전력설비의 운전시 썬지가 발생하여 접지망에 유입되는 전류량과 비례하여 대지전위 불평형 차이가 발생할 가능성이 존재한다. 이를 방지하기 위해 기존 접지망과 초전도접지망을 연계 방안을 검토하고, 시뮬레이션을 통하여 최적의 연계방법을 도출하였다. [그림7]과 같이 기존접지망과 근접한 거리에서 접지선(150sq*3)을 2개소에서 50M 정도의 이격거리를 두고 연결시 대지전위가 가장 균일하게 됨을 알 수 있다.

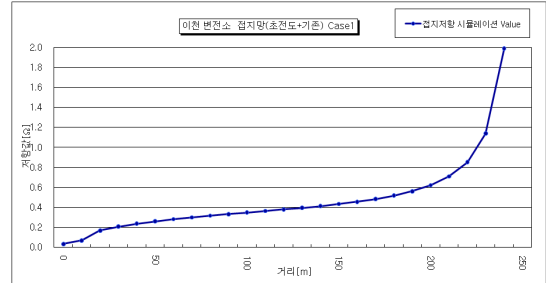


〈그림 7〉 접지망 연계설계도

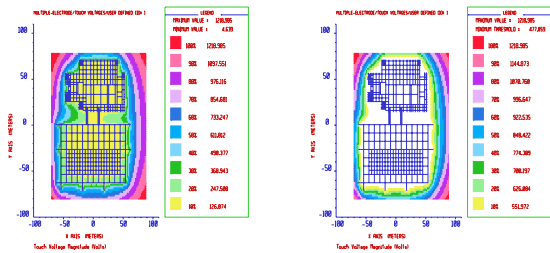
2.7 이천변전소 접지망 연계 후 접지저항 분석

[그림7]의 방법으로 연계하여 이천변전소 접지망을 시뮬레이션한 결과 접지저항값이 [그림8]과 같이 0.389Ω으로 계산되었다. 이 경우 초전도전

력기기 접지망의 접지저항 측정값 0.65 ~ 0.674Ω과 기존변전소 접지망 저항값 0.0893Ω 범위와는 다소 차이가 있는데, 이것은 시뮬레이션과정에 포함하지 않은 많은 요소가 존재하기 때문일 것으로 판단된다 (대표적으로 것으로는 토양조건 상이함을 들 수 있다). 시뮬레이션을 통하여 얻은 접촉전압 및 보폭전압은 기존 접지망과 초전도 전력기기용 접지망의 연계시에도 허용치를 만족하는 것으로 판정되었다. (최대접촉전압 479V, 최대 보폭전압 133V)



〈그림 8〉 접지망 연계 후 접지저항 [약 0.389Ω]



〈그림 9〉 접지망 연계 후 최대 허용 접촉/보폭전압

3. 결 론

기존 이천변전소의 운전상태에서의 접지저항을 실측한 값은 0.0893[Ω]으로 측정되었으며, 초전도 전력기기용 접지망의 시뮬레이션을 통한 설계 및 설치 후의 접지저항값은 0.65 ~ 0.674Ω로 측정되었다. 또한 두 접지망간의 대지전위 불평형을 방지하고자 다양한 연계방법을 검토한 결과 근접한 거리에서 접지선(150sq*3)을 2개소에서 50M 정도의 이격거리를 두고 연결시 대지전위가 가장 균일하게 되는 것으로 시뮬레이션 결과 나타났다. 기존 변전소 접지망과 초전도 전력기기의 접지망을 연계한 후의 접지저항은 0.389Ω으로 계산되었으며, 최대접촉전압 479V, 최대 보폭전압 133V로 계산되었다. 이는 변전소 접지망에 대한 기준을 충족시키고 있으며, 초전도 전력기기의 안정적인 운영에 기여하는 물론 국내 전력계통의 초전도 전력기기 설계용 병입 및 상용화 기술을 한단계 끌어올릴 수 있는 중요한 초석이 될 것이다.

[참 고 문 헌]

- [1] IEEE Std. 81, IEEE Guide for Measuring Earth Resistivity, Ground Impedance and Earth Surface Potentials of a Ground system, 1983
- [2] "축소형 변전소 접지효과 증대방안 연구" 한전전력연구원 T.R보고서 1998.
- [3] 한국초전도·저온공학회는문지 "초전도케이블/한류기 설계용 적용 변전소 및 설치위치 선정 기술검토 2권 1호, 2000.