

고장조건에 따른 지중송배전계통에서 공통접지의 영향 분석

임광식*, 이종범
원광대학교

The Effects of Common Ground according to Fault Conditions in The Underground Transmission and Distribution System

Kwang-Sik Lim*, Jong-Beom Lee
Wonkwang University

Abstract - This paper describes that the effect on the other system is generated by the single line to ground fault of the underground transmission systems and distribution systems established the common ground in trefoil. Each system is modeled by EMTP/ATPDraw and the system carry out simulations according to the various values of common ground to analyse. In this study, the result of analysis based on simulation suggests protection method and ground system of each system.

1. 서 론

우리나라의 경제개발정책에 따른 산업의 급성장으로 도심지 중심으로 개발되고, 건물이 대형화 되는 등 도심지의 부하밀도가 급증함에 따라 지중화 사업이 본격적으로 이루어졌다. 또한 신도시 건설, 신흥 공업단지 건설, 관광단지 조성 등 가공선으로 전력을 공급하기에 문제점인 환경문제 및 부지확보의 문제 등 가공선이 가지고 있는 한계 때문에 점차 지중선로의 도입이 증가하고 있고 이러한 추세는 앞으로 계속될 것으로 전망되며 이에 따라서 지중선로의 중요성도 커질 것이라고 예상된다.[1-2]

지중송배전계통은 뇌 서지와 같은 외부 과도요인에 의한 피해가 적으며, 도시환경과 미관을 조화롭게 이룰 수 있는 장점이 있는 반면에 선로경과지 확보의 어려움, 건설비의 증가, 절연의 어려움, 냉각방식채용뿐만 아니라 사고의 대형화 및 이미 형성된 도심지에 지중선로를 건설하는 경우가 많아 경과지 확보가 어려워 지중선로가 다회선화 되고 배전선로와 함께 포설되는 등과 같은 문제점을 갖고 있다.[2-4]

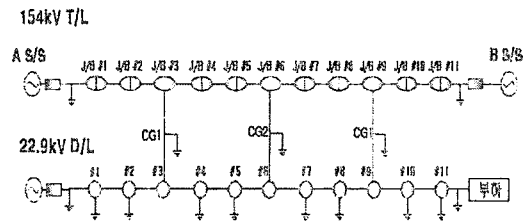
지중송배전계통은 주로 지하에 관로 및 전력구 등의 방식을 사용하여 포설되며, 일반적으로 사고 발생빈도는 낮으나 사고가 발생하면 그 파급효과는 가공선로에 비해 크게 나타나고 있다. 따라서 지중송배전계통에서 발생 가능한 각종 과도현상을 연구하고 고려하여 적절한 보호 대책을 세우는 것은 매우 중요하다. 하지만 국내에서는 지중송배전계통의 과도현상, 각종 불평형 요소 및 접지 체계 등에 관한 체계적이고 다양한 기술적인 분석에 대해서는 미약한 실정이다.

따라서 본 논문은 지중송배전계통을 각각 1회선을 모델링하여 전력구내에 공통접지 되어있는 지중송배전계통에서 각각의 계통에 1선 지락고장이 발생할 경우 상호계통에 미치는 영향을 분석 하였다. 전력구내에 공통접지된 지중송배전계통에서 접지체계의 현황기준이 서로 상이하므로 공통접지의 크기를 변화시켜가며 분석하여 각각 계통의 보호방안 및 접지체계구축에 도움이 되도록 하였다.

2. 본 론

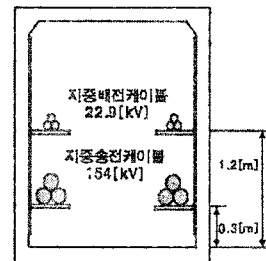
2.1 송배전계통모델링

송배전 공용 전력구내에 포설된 지중송배전계통을 모의 하기위해 먼저, 지중송배전계통의 경우는 154[kV] 2000[mm²] XLPE 케이블을 사용하여 전력구식 삼각배열을 적용한 포설방식을 채택하였다. 선로에서 각각의 접속점 간의 거리는 250[m]로 일정하게 설정하여 11개의 접속점으로 이루어진 길이 3[km]의 선로를 모델링하였다. 지중배전계통의 경우 CNCV-W 325[mm²] 케이블을 사용하여 현행의 전력구식 삼각배열의 포설방식을 채택하여 모델링하였다. 각각의 계통은 1회선을 모델링하였으며, 해석에 사용될 계통도는 그림 1과 같다.[5]



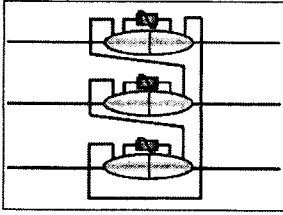
<그림 1> 지중송배전계통도

각 계통의 케이블 배치는 그림 2와 같이 국내 송배전 공용 전력구내에 케이블 표준배치에 의거하여 배치를 하였으며, 모델링된 각각의 선로는 대지저항을 100[Ω·m]을 적용하여 EMTP /ATPDraw의 선로정수 계산 프로그램인 ATP-LCC를 이용하여 선로정수를 산출하였다.



<그림 2> 송배전 겸용 전력구

지중송배전선로에서의 ZnO소자를 사용하여 제작된 절연봉보호장치(CCPU)의 모델링은 EMTP/ATPDraw의 비선형 소자를 사용하여 모델링하였으며, 절선방식은 그림 3과 같이 교락비접지방식을 채택하여 적용하였다.



<그림 3> 교락비접지방식

각 선로의 접지는 독립접지와 공통접지부분으로 나누어진다. 독립접지의 경우 지중송전계통 구간의 말단 부분 접지저항은 변전소 측위에 접지됨으로 1[Ω], 중간접속부는 10[Ω]로 현행 기준을 적용하여 설정하였다. 또한 지중배전계통 구간은 식 (1)과 같이 ES-3500에서 규정하고 있는 22.9[kV] 3상4선식 다중접지방식 계산식에 의해 산출하는데 현행 기준인 5[Ω/km]이하가 되도록 하였다.[6-7] 그리고 공통접지의 경우는 지중송배전계통의 접지 현행기준이 서로 상이하고 명확한 기준이 없으므로 각 계통의 접지기준을 반영하여 1[Ω], 5[Ω], 10[Ω], 15[Ω], 20[Ω] 값을 설정하였다.

$$R = 1.2 \left(\frac{1}{\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_1} + \dots + \frac{1}{r_1}} \right) \quad (1)$$

여기서 R = 합성저항[Ω]

r_1, r_2, \dots, r_n = 매 접지의 단위접지저항[Ω]

본 논문에서 사용된 지중송배전계통의 전원임피던스와 배전계통의 부하임피던스는 표 1의 데이터를 적용하였다.

<표 1> 전원임피던스 및 부하임피던스

전원임피던스	영상분[Ω]	정상분[Ω]
지중송전계통	0.8128+j8.1292	0.3556+j3.5564
지중배전계통	0.0247+j1.336	0.072+j0.757
부하임피던스		
A상	B상	C상
50.95+j22.36	47.95+j12.36	21.95+j22.36

2.2 지중송배전계통의 지락고장

전력구내에 공통 접지된 지중송배전계통에서 한 계통에 1선 지락고장이 발생할 경우 다른 계통에 얼마나 영향을 미치는가를 분석하기 위해 지락고장 위치를 지중배전계통은 #4로 상정하였고, 지중송전계통은 J/B #4로 상정하여 검토하였다.

2.2.1 배전지락시 송전계통의 영향분석

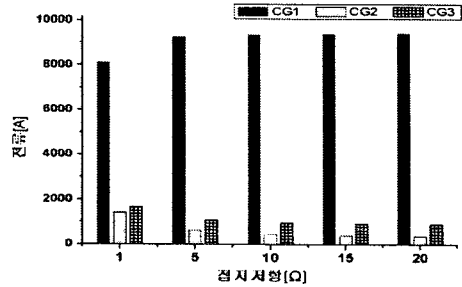
지중배전계통의 #4에서 지락사고시 발생하는 고장전류를 접지의 크기에 따라 나타낸 것이 표 2이다.

<표 2> 접지저항에 따른 고장전류

접지저항	1[Ω]	5[Ω]	10[Ω]	15[Ω]	20[Ω]
고장전류[kA]	20.77	19.99	19.81	19.74	19.70

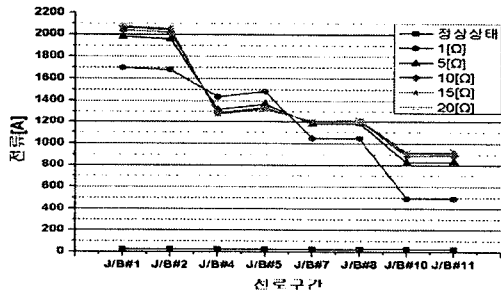
표 2에서 보듯이 공통접지저항의 크기에 따라 고장전류에 큰 영향이 없지만 이 고장전류의 일부분이 배전케이블의 중성선에서 공통접지를 통하여 송전케이블의 시스에 유입이 된다. 그림 4는 공통접지를 통해 유입되는

고장전류를 접지저항의 크기에 따라 나타낸 그래프이다. 고장전류는 지중배전계통의 부하 영향으로 인하여 대부분의 고장전류가 전원측으로 흐르게 되고 이로 인해 유입되는 고장전류도 CG1으로 집중되는 것을 알 수 있다. 그래프에서 유입되는 최대전류는 접지저항이 20[Ω]일때, 9.4[kA]로 나타내고 있다.



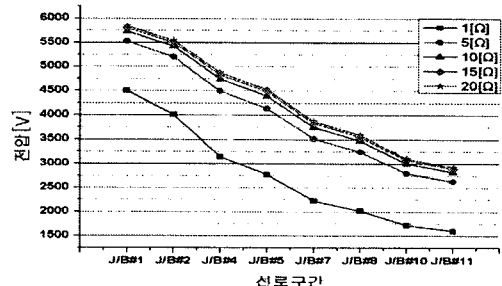
<그림 4> 송전계통에 유입되는 전류

그림 5는 정상상태와 배전지락 고장사고시 공통접지를 통해 유입된 전류에 의해 지중송전케이블 시스에 흐르는 전류를 나타내고 있는 그래프이다. J/B #2과 J/B #4 구간 사이에 유입되는 전류에 의해 그 선로구간의 시스전류가 높게 나타난다. 접지저항의 크기가 증가할수록 시스전류도 상승하게 되며, CG1을 통하여 유입되는 전류는 J/B #1에서 정상상태보다 약 70배정도의 큰 전류가 흐르는 것을 알 수 있다.



<그림 5> 송전계통의 시스 전류

그림 6은 유입된 전류에 영향으로 나타나는 접지저항 크기에 따른 시스-대지간 전압을 나타내고 있다. 시스-대지간 전압도 시스전류와 같이 CG1을 통해 유입되는 전류에 의해 전위가 상승하는데, 공통접지의 저항크기가 클수록 전위상승이 높은 것을 알 수 있다.

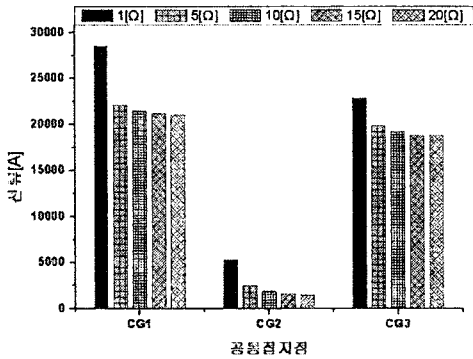


<그림 6> 송전계통의 시스-대지간전압

위의 결과를 통해 유입된 과도전류로 인해 지중송전계통의 케이블 수명, 절연상태 및 송전용량에 심각한 영향을 미칠 것으로 사료된다.

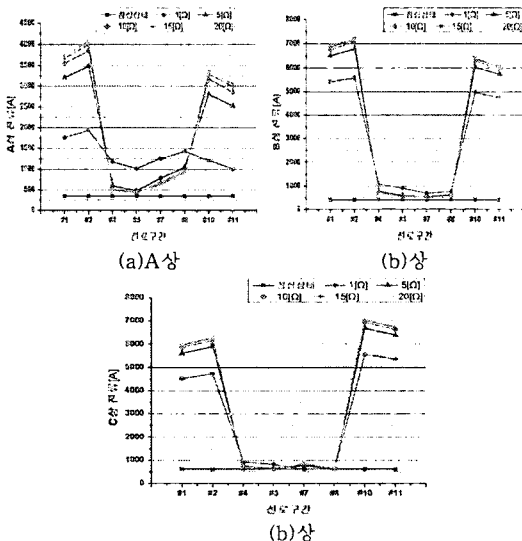
2.2.2 송전지락시 배전계통의 영향분석

지중송전계통의 J/B #4에서 1선 지락고장이 발생하게 되면 고장전류는 접지크기에 따라 73~75[kA]의 고장전류 발생하게 된다. 그림 7은 공통접지를 통하여 지중배전계통에 유입되는 고장전류를 접지저항의 크기에 따라 나타낸 그래프이다. 고장전류는 송전케이블의 시스를 통하여 공통접지에서 배전케이블 중성선으로 유입되며, 최대 유입전류는 접지저항이 1[Ω]일때, 28[kA]의 고장전류를 보이고 있으며, 송전케이블 변전소 양단의 매쉬 접지의 영향으로 유입전류의 분포는 CG1과 CG3에 집중되는 것을 알 수 있다.



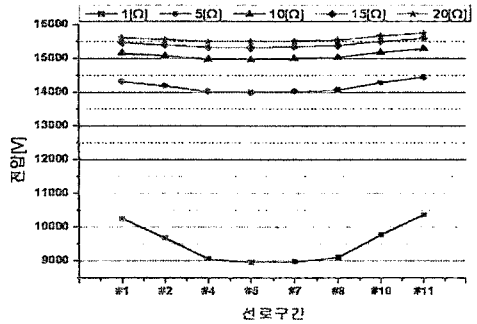
<그림 7> 배전계통에 유입되는 전류

그림 8은 송전계통에서 발생한 지락고장으로 인해 배전케이블의 중성선으로 유입되는 고장전류를 분석한 그래프이다. 그림에서처럼 모든 구간에서 정상상태 보다 높은 중성선 전류 값을 보였으며, 특히 CG1과 CG3로 유입되는 전류의 영향으로 b상과 c상의 선로구간 #2와 #10에서 정상상태의 전류보다 최대 15배 이상의 높은 전류를 보이고 있다.



<그림 8> 배전케이블 상별 중성선의 전류

공통접지를 통해 유입된 고장전류에 의해 지중배전케이블의 중성선에 유기되는 전위상승을 나타낸 것이 그림 9이다. 그래프를 보면 공통접지의 크기가 커질수록 이에 따른 중성선의 전위상승도 높게 나타나고 있다. 지중배전케이블의 방식층에 대한 상용주파 내전압은 4kV/10분으로써, 지중송전계통의 고장차단 시간인 0.5초로 환산하면 약 8.8[kV]가 된다. 그래프에서 보는바와 같이 최저값이 9[kV]이므로 지중배전케이블 방식층에 절연이 파괴되어 지중배전계통에도 2차적인 파급효과가 나타날 것으로 사료된다.



<그림 9> 중성선 유기전압

3. 결 론

본 논문은 지중송배전이 전력구내에 포설되어 공통접지된 경우에서 한 계통의 지락사고가 발생하면 상호계통에 영향을 고장조건 및 공통접지의 크기에 따라 분석한 결과를 토대로 다음과 같은 결과에 도달하였다.

1. 지중배전계통 지락시 송전계통에 유입되는 전류는 지중배전계통의 부하 영향으로 CG1에 집중되어 최대 9.4[kA]의 고장전류가 유입된다.
2. 지중송전계통 지락시 배전계통에 유입되는 전류는 송전계통의 양단의 매쉬접지에 의해 CG1과 CG3에 집중되어 유입된다.
3. 송전계통으로 유입되는 고장전류로 인해 시스템전류는 정상상태보다 최대 70배까지 상승하며 이로 인해 송전케이블의 수명이나 절연상태 및 송전용량 큰 영향을 줄 것으로 사료된다.
4. 지중송전계통 지락시 배전계통에 유입되는 고장전류에 의해 배전케이블의 방식층 내전압치(8.8[kV]/0.5초)를 초과되므로 지중배전케이블의 방식층에 절연이 파괴되어 지중배전계통에 2차적으로 파급현상이 나타날 것으로 판단되므로 각 계통의 접지는 독립적으로 운영하는 것이 타당하다고 사료된다.

[참 고 문 헌]

- [1] 한국전력공사 기술연구원, "지중송전 케이블의 써어지 보호대책에 관한 연구(최종보고서)", 1993.6
- [2] 전력연구원, "지중송전계통의 접지기술 정립에 관한 연구(최종보고서)", 1998.1
- [3] 전력연구원, "송전용량 증대를 위한 열방산회로 개선에 관한 연구(최종보고서)", 2003.3
- [4] 감지원, "지중송전계통에서 시스템전류 특성 분석 및 저감방안", 2002.12
- [5] 한국전력공사 중앙교육원, "지중실무 I, II", 2000.5
- [6] 한국전력공사, "설계기준 - 3500(접지공사)", 1999
- [7] 한국전력공사, "설계기준 -5001(충격)", 1998