고압계통 단락사고 시 수용가 부하 측에 미치는 국내 접지시스템의 영향 분석

우 동 균[a] · 이 순[a] · 박 정 욱[a] · 김 정 훈[b]
[a]연세대학교, [b]홍익대학교

Analysis of the Domestic Earthing-System-Effect in the Consumer's Installation due to a Fault in the High Voltage System

Dong-Kyun Woo[a] · Soon Lee[a] · Jung-Wook Park[a] · Jung-Hoon Kim[b]
[a]Yonsei University, [b]Hong-Ik University

Abstract - 접지의 목적은 기기의 안정과 인체의 안전을 도모하는데 있다. 그동안 국내 접지공사 시행에 관한 문제점은 기술적인 근거가 없이 단순히 접지 점의 접지저항 값을 낮추는 것에만 집중하였다. 그러나 단순히 전선을 땅에 묻는다는 과거의 인식에서 벗어나, 현재는 전력기술인의 접지에 대한 인식의 변화를 요구하며, 개방화 시대에 맞추어 International Electrotechnical Commission (IEC) 규격의 접지계통 방식에 대한 이해와 관심을 갖아야한다. 또한 이러한 IEC 규격의 접지설비 방식이 국내에 적용될 시점이며, 기술적인 검토를 통해 운영상에 일어날 수 있는 다양한 사고에 대한 영향력에 대해 검토해 볼 필요가 있다. 본 논문에서 제시하는 접지 계통방식은 IEC 국제규격에서 제시하는, 단락시간과 허용 접촉전압이나 기기의 절연수준과 관련해 제시하는 값에 의해 분류되며 고압 측 단락사고 시 수용가 부하 측에 미치는 영향에 관해 살펴보기 위해 고압 측 1선 지락사고와 3상 단락사고에 대해 모의하기로 한다.

1. 서 론

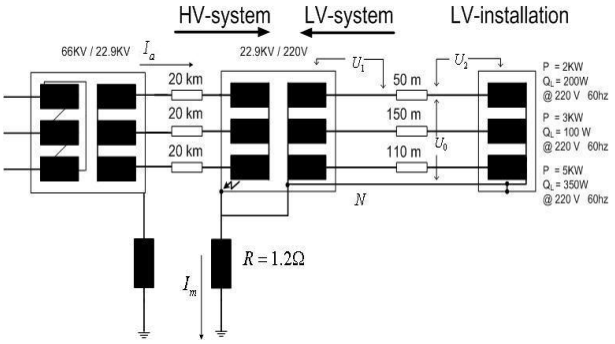
접지란 설비기기를 대지와 전기적으로 접속하는 것이고, 이를 접속하기 위한 터미널이 접지전극이다[1]. 단락상태란 보통 전압이 다른 회로의 두 지점 혹은 그 이상의 지점에서 비교적 낮은 저항이나 임피던스로 연결 되는 상태나 사고를 의미하고[2], 단락사고에 의해 전위의 상승이 일어나는 경우, 이때 발생된 고장전류는 시스템을 교란 시키게 되고 접지전극을 통해서 흘러 나가거나 혹은 접지와 연결된 다른 도체 또는 시스템 내의 케이블을 통해 흐르게 된다. 이때 변압기 노출 도전부의 접지전극에 흐르는 사고 전류는 상당한 수준의 전위상승을 일으키게 되고, 저압설비의 절연을 파괴할 수 있을 만큼의 스트레스전압을 발생시키거나 인체에 위험한 수준의 접촉전압을 발생시키게 된다.

고전압 시스템에서의 접지 시스템은 일반적으로 전위의 상승이 일어나지 않는 곳에서, 사고 시 그 기능을 발휘하여 인체와 설비의 보호를 목적으로 하는 시스템으로 생각해 줄 수 있다

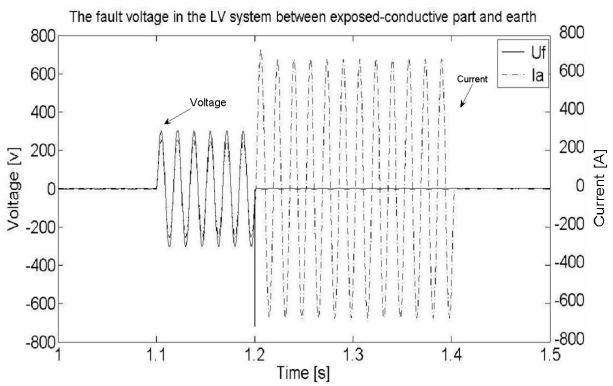
2. 단락사고 시 수용가 부하 측에 미치는 영향 분석

IEC 60364-44 규격에서 제시하고 있는 접지설비를 바탕으로 일반적인 수용가에서의 부하를 모델링하였다. 이때 두 개의 변압기(66KV/22.9KV, 22.9kV/220V)를 사용하여 유효전력과 무효전력을 소비하는 서로 다른 세 개의 부하에 전원을 공급하는 것으로 한다. 또한 전송선로에 대한 영향력을 고려하기 위해 선로정수(0.5 ohm/km, 1.3e-3 H/km, 10e-9 F/km)를 포함한다.

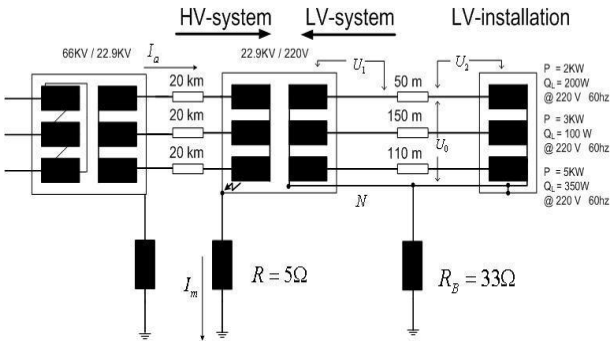
Matlab/Simulink® 프로그램을 이용하여 고압 측 1선 지락상태를 모의하고, 전력계통에서의 단락사고가 3상 단락사고로 전파되는 경우를 가정하여, 0.1초 동안 1선 지락사고가 발생하고 난 후에 0.2초 동안 3상 단락사고가 발생하는 것을 가정하여, 이때 부하 측에 미치는 영향에 대해서도 살펴보기로 한다. 고장 시간에 대한 고려는 [3]에서 제시하는 관심의 대상이 되는 설비방식에서의 접촉전압과 절연내력에 대한 영향력 안에 있을 때에만 분석적으로 고려해 줄 필요가 있으므로, 시뮬레이션에서는 0.1초로 제한하기로 한다.



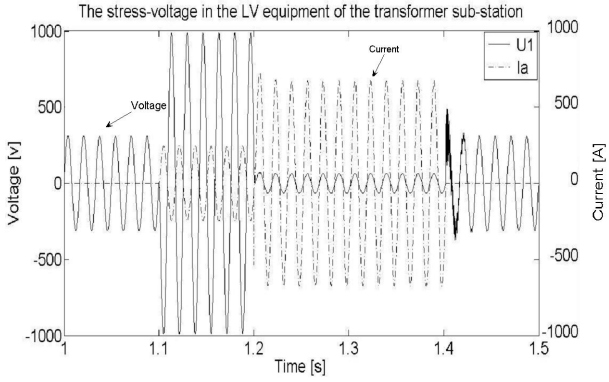
〈그림 1〉 TN-a 계통방식



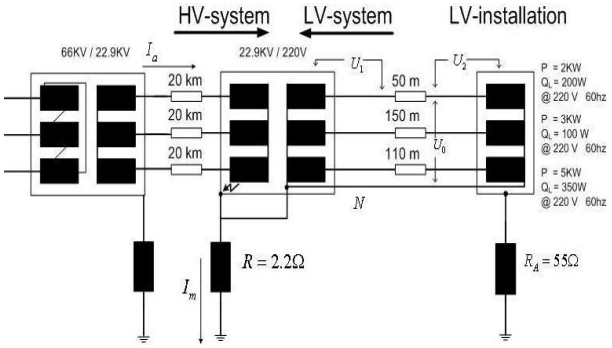
〈그림 2〉 모의실험결과(TN-a 계통)



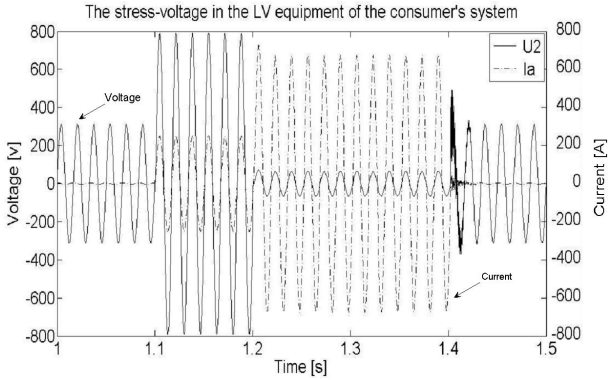
〈그림 3〉 TN-b 계통방식



〈그림 4〉 모의실험결과(TN-b 계통)



<그림 5> TT-a 계통방식



<그림 6> 모의실험결과(TT-a 계통)

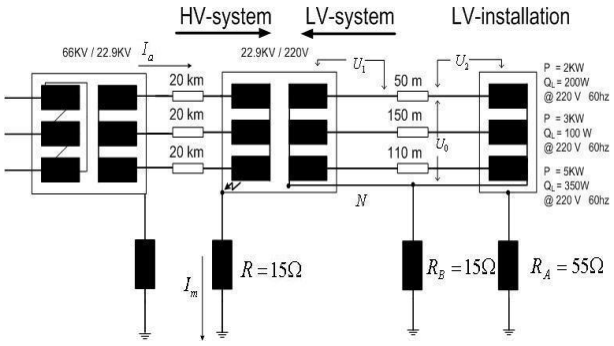
그림 1의 TN-a 계통의 경우 고압 측 1선 지락사고 발생 시 저압설비에서의 노출도전부에 나타나는 전위 값(U_f)이 사고전류(I_m)와 변압기 노출도전부 접지전극의 접지저항 값(R)의 곱으로 나타나는 대지전위 상승 값과 같게 나타나는 것을 확인할 수 있다. 또한 3상 단락사고에 대한 영향보다는 1선 지락사고 시 저압설비의 노출도전부에 발생하는 전위 값(U_f)이 더욱 크므로 이때에는 [3]에서 제시하는 인체에 미치는 허용접촉전압과 차단시간의 관계에 대해 고려해 줄 필요가 있다.

그림 3 의 TN-b 계통에서는 저압계통의 중성선이 변압기 노출도전부 접지전극과 별도로 접지 되고 있기 때문에 변압기 저압계통에서의 스트레스전압(U_1)에 대해서 고려해 줄 필요가 있다. 고압 측 1선 지락사고 발생 시 변압기 저압계통에서의 스트레스전압(U_1)이 상전압(U_0) 값의 범위를 넘어서 크게 증가하게 되고, 이 값은 변압기 절연내력을 초과 할 수도 있다. 따라서 TN-b 계통으로 설계 시에는 그림 4에서 볼 수 있는 바와 같이 변압기 절연내력에 대해 고려해 줄 필요가 있다.

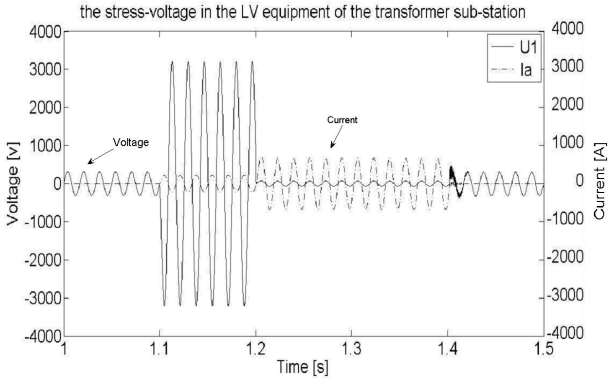
그림 5의 TT 계통은 저압설비에서의 노출도전부가 계통과 독립된 별도의 접지를 가지고 있기 때문에 저압설비에서의 노출도전부와 대지사이에 나타나는 전압 값(U_f)에 대해서는 고려하지 않는다. 다만 TT-a 계통에서는 저압계통의 중선선이 변압기 노출도전부 접지극과 공통으로 연결되고, 저압설비의 노출 도전부가 별도로 접지 되고 있기 때문에 저압설비에서의 스트레스전압(U_2)에 대해서 고려해 줄 필요가 있다. TT-a 계통에서는 고압 측 1선 지락 사고 시 발생하게 되는 저압기기에서의 스트레스전압 값(U_2)이 변압기 접지전극에서의 전위상승 때문에 상전압 값(U_0)의 범위를 넘어 큰 값으로 상승하게 되기 때문에 TT-a 계통으로 설계 시에는 그림 6에서 볼 수 있는 바와 같이 저압기기에서의 절연내력에 대해 고려해 줄 필요가 있다.

그림 7의 TT-b 계통에서는 TN-b 계통과 마찬가지로 저압계통의 중성선이 변압기 노출도전부 접지전극과 별도로 접지 되고 있고, 저압설비에서의 노출도전부가 독립적으로 접지되고 있기 때문에 변압기 저압계통에서의 스트레스전압(U_1)에 대해서 고려해 줄 필요가 있다. TN-b 계통에서와 같이 고압 측 1선 지락사고 발생 시 변압기 저압계통에서의 스트레스전압(U_1)이 상전압(U_0) 값의 범위를 넘어서 크게 증가하게 되고, 이 값은 변압기 절연내력을 초과 할 수 있기 때문에 TT-b 계통으로 설계 시에는 그림 8에서 볼 수 있는 바와 같이 변압기 절연내력에 대해 고려해 줄 필요가 있다.

또한 전체적으로 고압 측 3상 단락사고에 의한 수용가 부하 측에서의 영향력이 고압 측 1선 지락사고 시 발생하게 되는 부하 측에서의 영향력보다 단락사고 시 안정성에 대해서 더 큰 영향력을 미치는 것이 증명되었다.



<그림 7> TT-b 계통방식



<그림 8> 모의실험결과(TT-b 계통)

3. 결 론

본 논문에서는 고압계통에서의 단락사고 시 수용가 부하 측에 미치는 영향력에 대해 알아보기 위해 고압 측 1선 지락사고와 3상 단락사고에 대해 모의 하였다. TN 계통의 경우 저압계통의 중성선이 저압설비의 노출도전부 접지전극과 함께 연결되므로 시스템 전반적으로 등전위화를 이룰 수 있지만, TN-a 계통의 경우 고압 측 1선 지락사고 시 변압기 노출도전부 접지전극에 나타나는 전위 값이 부하설비의 노출도전부에 그대로 나타나기 때문에 인체에는 불리 할 수 있고, TN-b 계통의 경우는 변압기 저압계통의 중성선이 별도로 접지 되므로 저압계통에서의 스트레스 전압의 상승으로 인해 기기에는 불리 할 수 있다. TT 계통과 같은 경우에는 저압설비가 계통과는 독립적으로 접지되고 있기 때문에 인체에 미치는 영향은 작을 수 있지만, 고압측 1선 지락사고 시 발생하게 되는 스트레스전압의 상승으로 기기에 불리한 영향을 미칠 수 있다. 따라서 각각의 용도에 맞는 접지방식을 선택적으로 고려하여 보호하고자 하는 대상이 무엇이냐에 따라서 평상시 운전 상태에 적절하게 위의 방식을 혼용하여 이에 맞는 접지방식을 채택하는 것이 이상적인 접지방식이다.

[참 고 문 헌]

[1] Takehiko Takahashi, "接地設計入門", 東逸出版社, p 2, 1993.

[2] Vivanco, J.-C.P.R., "IEC short-circuit calculation", IEEE Cement Industry Technical Conference, Page(s).41-56, May 1998.

[3] IEC 60364-4-44; 1.1 Edition, "Electrical installations of buildings-part 4-44 : protection for safety-protection against voltage disturbances and electromagnetic disturbances", December, 2003.