

분리된 접지망에서 CT 2차회로 고장전류 Flow 특성

이상길*, 김경열*, 최형주**
 한전전력연구원*, 한국중부발전**

Fault current flow characteristics of CT secondary circuit connected isolated ground meshes

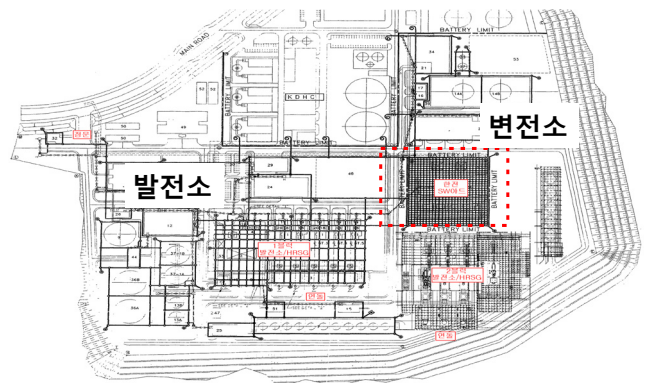
Sang-kil Lee*, Gyeong-yeol Kim*, Hyung-joo Choi**
 KEPCO Research Institute*, Korea Midland Power Co.**

Abstract - 발전단지내 발전소와 변전소 접지망이 서로 연결되지 않고 독립적으로 구성된 경우 설비보호를 위한 보호회로가 큰 대지전위 차로 인해 손상되거나 보호설비가 오동작할 우려가 있다. 본 논문에서는 독립된 접지망간 연결된 보호회로에 대지전위 차로 인해 발생할 수 있는 문제를 분석하였으며 고장전류가 유입된 접지망 전위에서는 보호회로가 오동작할 수 있는 조건이 형성되고, 이중접지가 안되었다 할지라도 대지전위 상승이 회로를 통해 전달되어 회로와 외함간 절연과 파괴가 일어날 수 있으므로 보호회로 케이블이 발전소와 변전소간 연결된 곳에서는 반드시 접지망을 연결하여야 한다는 것을 확인할 수 있었다.

- CT : 20VA, 2000:5, C400, 포화전압 400V[2]
- 보호계전기 : 임피던스 0.3Ω
- 연결케이블 : 0.5Ω
- Mesh망 접지저항 : 변전소 0.6Ω, 발전소 0.4Ω

1. 서 론

발전설비가 대용량화, 단지화 되면서 발전단지내 변전소가 발전소 주변압기와 거리가 멀리 떨어지게 되고, 발전소와 변전소 관리 주체가 이원화 되면서 CT나 PT(Potential Transformer) 신호선 접지, 발전소와 변전소 주 Mesh 접지망 설계 등이 독립적으로 수행되고 있다. 발전소와 변전소 접지망이 서로 연결되지 않고 독립적으로 구성된 경우 큰 고장전류가 독립된 어느 한 Mesh 접지망에 유입되면 유입지점의 Mesh 접지망은 순간적으로 전위가 상승하지만 다른 접지망은 낮은 전위를 유지한다. 신호선이 두 접지망 사이를 연결하여 설치되었다면 대지전위 상승이 신호선으로 전달되어 어느 한 지점에서 큰 전압이 신호선과 외함에 걸리게 되며 전위 상승이 절연내력을 초과하면 절연이 파괴된다. 이럴 경우 순환전류가 흐를 수 있는 조건이 되며 신호선 양쪽이 이중접지된 경우도 이와 같은 현상으로 CT 포화에 의한 계전기 오동작을 초래한다. 이러한 문제점에 대한 규명을 위해 대지전위 차가 발생한 상황을 상징해 프로그램을 통해 시뮬레이션을 하였으며, 실제 현장에서 발생한 파형과도 비교 분석하였다.



<그림 1> 발전소 접지망 구성도

고장은 발전소에서 발생한 것으로 가정하였으며, 고장전류에 의해 변전소측 Mesh 접지망 전위가 약 600V정도 상승하고 이 대지전위 상승에 의해 발전소와 변전소간 대지전위 차가 발생하며, 변전소측은 이중접지된 상태이거나 절연이 파괴되어 이중접지 회로가 형성된 것으로 가정하였다. 계산의 편의를 위해 부하전류, CT 잔류자속 영향은 제외하였다.

2. 본 론

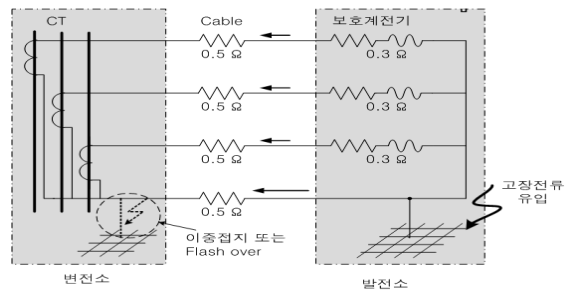
2.1 Mesh 접지망 구성

발전소 주 Mesh 접지망은 고장전류에 의한 안전을 확보하기 위해 보호전압, 접촉전압을 만족하도록 설계되며, 전자기기의 손상을 방지하기 위해 대지전위가 일정수준을 넘지 않도록 구성된다.[1] 또한 발전소내 모든 기기는 등전위를 유지해 전위차로 인한 문제가 발생하지 않도록 발전소 전체를 단일 메쉬망으로 연결하며 제어설비 접지는 전위 변동이 가장 적은 곳(화력발전소의 경우 터빈과 보일러 사이) 1점에서 인출하여 전체 제어설비 기준전위로 사용한다. 발전소는 대부분 바닷가에 넓은 면적을 차지하고 있으며, 대규모 단지화 되어 있어 넓은 Mesh 접지망을 포설하여 사용한다. 이러한 이유로 접지저항도 비교적 낮아 0.5Ω 이하가 대부분이다.

2.2 분리된 접지망내 고장발생 모의 분석

2.2.1 분석계통 모델링

발전단지내 발전소 주변압기와 변전소간 독립된 접지망으로 인한 문제점을 Matlab Simulink 프로그램을 사용하여 분석하였다. 분석에 사용된 계통은 발전소와 변전소가 독립된 접지망으로 구성되고, 변전소 CT가 전류 신호를 발전소에 설치된 보호계전기로 보내는 구조이며, 입력된 자료는 아래와 같다..



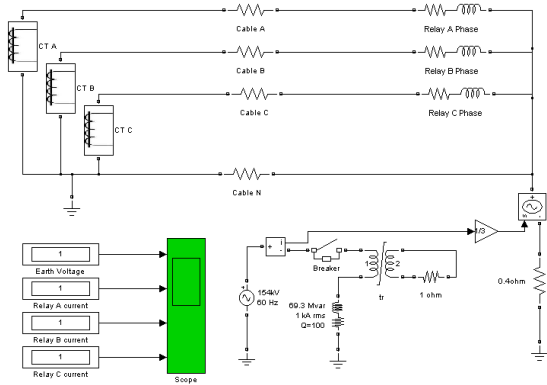
<그림 2> 분석계통 회로도

2.2.2 분석 결과

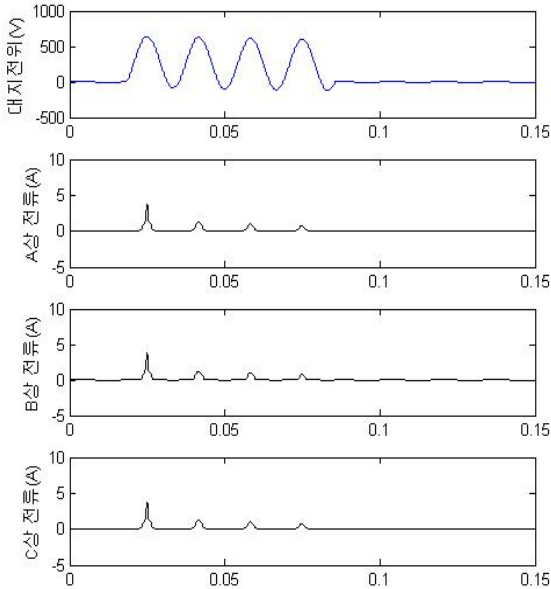
그림4의 맨 위 그래프는 발전소측 Mesh 접지망에 고장전류가 유입됨에 따라 유기된 전압으로 약 600V가 유기된 것으로 설정하였으며, 그 아래 그래프는 계전기 A,B,C상에 흐르는 전류를 나타낸 것이다. 발전소측의 상승된 대지전위는 CT 회로의 1점 접지점을 통해 CT회로 전체에 걸리게 되며, 중성선을 통해 변전소측 접지점으로 흘러가지만 굵기가 작은 중성선이 양측 Mesh 망 전위를 동일하게 유지할만한 전류를 흘릴 수 없으므로 CT 포화전압을 넘는 전압이 CT 양단에 걸리게 된다. 따라서 CT 포화전압을 넘는 Peak 부위에서는 CT를 통해 전류가 흐르고 이는 계전기에 전류가 흐르는 것이므로 계전기 동작에 영향을 미친다.[3]

모델계통에 대한 분석결과 대지전위 상승이 약 600V일 경우 계전기

CT 2차 회로에는 약 4A의 전류가 흘렀으며, 각 상 모두 동상의 전류가 흐렸다. 이는 3상에 동일한 전압이 인가됨에 따른 당연한 결과이며, 각 상의 전류는 인가전압의 DC Offset에 의해 변압기 기동전류와 비슷한 파형을 갖은 것으로 나타났다.[4]



〈그림 3〉 Matlab 모의 회로



〈그림 4〉 대지전위 차에 의한 계전기 전류

본 논문에서는 발전소측 Mesh망 전위가 600V 상승된 것을 기준으로 2중 접지된 상황을 가정해 분석하였으나 345kV나 154kV 계통에서 지락이 발생한 경우 전압상승이 이보다 훨씬 높으며, 이 높은 전압이 CT나 PT 2차 도체와 외함 사이에 걸릴 경우 절연파괴가 발생할 가능성이 있고 절연파괴가 발생하면 2중 접지된 상황과 동일하다.

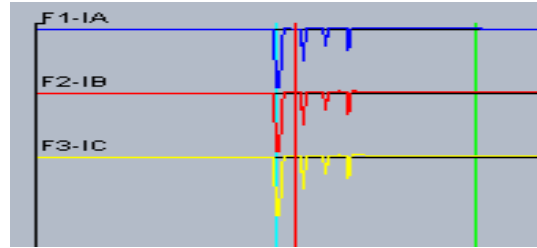
이러한 대지전위 차에 의한 문제점을 예방하기 위해서는 발전소와 변전소 접지망은 굵은 접지선으로 견고하게 접속하여 전위차를 가능한 한 줄여야 한다. 연결도체의 수나 굵기는 각 Mesh 접지망의 접지저항과 고장전류 크기, 발전소와 변전소가 거리 등에 따라 달라지므로 이에 대한 정확한 계산을 수행하여 시설해야 한다.

2.3 사례 분석

발전소와 변전소가 인접한 발전단지내에서 발전소 주변압기 상부에 설치된 MOF 154kV 계통에서 접지고장이 발생하면서 순시최대 약 58kA 정도의 고장전류가 고장점으로 흘렀다. 이 고장으로 MOF 및 주변압기 상부가 일부 피해를 입었다. 고장당시 주변압기는 보호계전기가 정상적으로 동작해 고장전류를 차단하였으나, 고장구간과 관계없는 동일 회기 및 인접회기 기동변압기 비유차동계전기가 잘못 동작해 발전소 소내전원을 차단해 발전소내 정전을 유발했다.

계전기 오동작 원인을 분석한 결과 계전기에 전류신호를 입력하는

CT(변전소에 설치) 중성점이 발전소와 변전소에서 모두 접지되어 위 시뮬레이션 상황과 같이 계전기에 위상이 같은 전류를 공급해 계전기가 비 정상적으로 동작했다.



〈그림 5〉 계전기에 저장된 전류 기록

위 사례와 유사한 다른 사례로 CT 중성선이 발전소측에서 1점만 접지 되어 있었으나 큰 고장전류에 의한 발전소측 대지전위 상승으로 변전소측 CT 단차합에서 CT 단차와 외함간 Flash-over가 발생해 2중접지가 발생하고 그림5와 같은 고장전류가 계전기에 공급되어 계전기가 잘못 동작해 정전을 유발한 사례도 있었다.

3. 결 론

발전단지내에서 분리된 접지망이 계전기 오동작을 유발할 수 있다는 것을 프로그램 시뮬레이션과 사례를 통해 확인하였다. 분리된 접지망 사이를 연결하는 CT 2차 회로는 한쪽 접지망이 고장전류 유입으로 접지망 전위가 상승하면 이 전압상승분이 다른쪽 접지망에 설치된 CT 단차와 외함 사이에 걸리고 절연내력이 낮을 경우 Flash-over로 2중접지가 발생하며, 이로 인해 계전기 오동작이 발생할 수 있다. 따라서 접지망이 분리되지 않도록 양 접지망을 적절한 접지선으로 연결해야 한다.

[참 고 문 헌]

[1] IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding, IEEE Std. 80-2000
 [2] IEEE Guide for the Application of Current Transformers Used for Protective Relaying Purpose, IEEE Std C37.110 p7, 2007
 [3] Roy E. Cosse, "CT Saturation Calculation Part 1: The Question" IEEE Trans. Ind. Appl., Vol. 43, No 2, 2007
 [4] Jeff Roberts and Stanley E. Zocholl, Gabriel Benmouyal, 'Selection CTs to Optimize Relay Performance', Schweizer Engineering Lab. Technical Document. p3