

765kV 송전계통에서의 HSGS에 의한 2차아크 소호특성 분석

윤성준*, 이유진*, 김철환*
성균관대학교*

The Analysis of Secondary Arc Extinction Characteristics by HSGS on 765kV Transmission Lines

Sung-Joon Yoon*, You-Jin Lee*, Chul-Hwan Kim*
SungKyunKwan University*

Abstract - 기술의 발전과 고도의 산업화로 인해 전력소비자들이 이전에 비해 더욱 고품질의 전력공급을 원하게 되었고 이에 부합하여 전력 공급 신뢰도 향상과 전력품질이 현재 중요한 연구과제로 대두되어 왔다. 계통의 특성에 따라 다르지만, 대략 송전 계통에서 발생하는 전체 고장의 75~90%는 일시고장이고 이러한 일시고장을 제거하기 위한 재폐로 과정을 수행시 계통의 신뢰도 및 안정도 향상을 위하여 적용적으로 무전압 시간을 조절하는 것이 필요하다. 본 논문에서는 아크고장에 따른 무전압시간을 최소화시켜주는 HSGS(High Speed Grounding Switches)의 기능에 대해서 검토하고, EMT프로 모델링된 765kV 송전계통에 일시 고장을 발생시켜 HSGS의 투입여부에 따른, 1선 및 2선 지락사고에서의 2차아크 소호특성을 분석하였다.

1. 서 론

우리나라의 09년 4월 기준 최대 전력수요는 5406만kW로 해마다 수요량이 증가하고 있다. 이에 대응하여 대용량의 전력을 수송할 수 있는 송전선로 건설이 절체적으로 필요하였고, 765kV 계통은 송전용량이 345kV에 비해 약 5배로 증가하게 되어 이러한 요구에 부합할 수 있으므로 정부에서도 과거 765kV 송전선로 건설을 추진하여 운영중이다. 다만, 송전용량이 대용량으로 증가함에 따라 사고에 의한 충격강도가 증가하게 되면 계통의 안정도 확보가 더욱 어려워지게 되는 문제가 발생한다. 즉, 아크지락 고장이 발생하였을 경우 차단기에 의해 고장상이 분리되어도 차단후 2차아크의 소호가 단시간 내에 이루어지지 않으면 고속 재폐로에 의한 선로 재투입이 안정적으로 수행될 수가 없다. 결국 지연되는 재폐로 과정은 계통에 무전압시간(Dead time) 증가를 야기하고 결과적으로, 전력공급 신뢰도가 떨어지게 된다. 본 논문에서는 빠른 2차아크 소호로 무전압시간을 줄일 수 있는 고속도 접지스위치(High Speed Grounding Switches)방법을 765kV 송전계통에 적용하여 2차아크가 소호되는 특성을 보았다[1].

2. HSGS(고속도 접지스위치)

2.1 HSGS 개요

765kV 계통과 같은 초고압 송전계통에서는 아크 지락고장이 발생한 경우 차단기에 의해 고장상이 분리되어도 건전상 및 타회선으로부터의 정전 및 전자유도에 의해 아크(2차아크)가 단시간 내에 소멸되지 않으므로 고속도 재폐로(1초이내)를 할 수 없는 경우가 발생한다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 2차아크를 빠르게 소호시키기 위해 4각분도 리액터를 설치하여 고속으로 스위칭하거나 HSGS를 설치하는 방법이 존재한다. HSGS(High Speed Grounding Switches)는 고속도 접지 스위치로, 특히 2회선 송전선로와 같은 경우에 건전상, 건전회선의 각 상간 정전용량 등의 조건이 매우 복잡해지고 비경제적이므로 많이 쓰이는 방법이다.

2.2 2차아크의 재점화 및 소호특성

2차아크 전류가 커질수록 전자기력은 더욱 크게 발생하게 되고, 고장 발생 후 아크 길이가 아크전류가 작을 때보다 훨씬 쉽게 확장될 수 있다. 아크 경로가 충분히 길면 전극의 점화점이 이동하고, 이로 인해 아크 경로가 짧아지고 2차아크는 단락된다. 그러한 경우에서 아크 전력은 감소되며 2차아크는 다시 길어지기 시작한다. 이것은 자기소호 시간이 길어지는 원인이 된다. 실제적인 재점화 전압 특성은 다음 식 (1)에 의해서 일반적으로 정의된다.

$$|v_r(t)| = (DV_0 + DV_1 T_e)(t - T_e)10^3 \quad (1)$$

여기서,

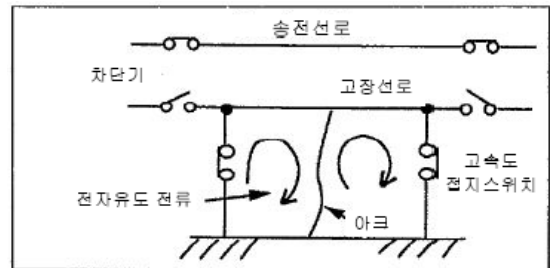
$$DV_0 = 5 \frac{20}{i_{sec}} \quad (2)$$

$$DV_1 = 35 \frac{20}{i_{sec}} \quad (3)$$

이고, 이 때 i_{sec} (2차아크 전류)는 실효치로 나타낸다. 즉, 동일한 회복 전압에 대해서 2차아크 소호 시간은 2차아크 전류의 크기에 거의 선형적으로 비례함을 식(2)와 식(3)을 통해 확인할 수 있다[2].

2.3 HSGS의 기능

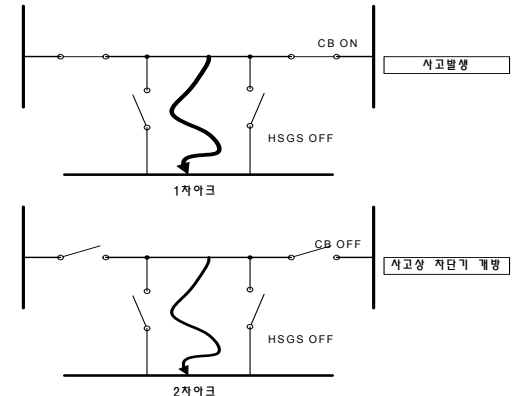
HSGS는 송전선로 사고상을 차단한 후 개방된 사고상 양단을 고속으로 접지하여 2차아크 전류를 빠르게 소호시키는 방법으로, 자동접지스위치가 사고상 양단에 투입되면 사고지점에 나타나는 아크회복전압이 약 1[kV] 이하가 되어 2차아크가 단시간 내에 소호된다. 이것은 그림 1에서와 같이 한 쪽의 고속접지 스위치가 닫히면서 폐회로에서 발생하는 전자유도전류가 정전유도 작용을 일으켜 아크회복전압을 억제하기 때문이다. 이어서 나머지 고속접지 스위치가 닫히면서 발생된 전자유도전류가 아크경로를 통해 상쇄되고, 이후 재빨리 고속접지스위치를 개폐후 차단기를 재폐로하게 된다[1].

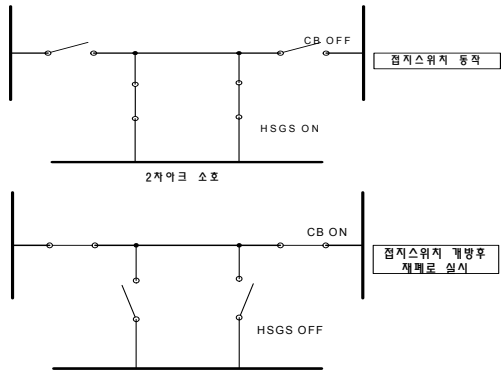


<그림 1> HSGS에서 발생한 유도전류

2.4 HSGS 동작 과정

아래 그림 2는 지락사고 발생시 HSGS의 동작순서를 보여준다. 고장 발생 후 차단기가 동작하고 일정 시간 이후 양단의 HSGS가 순차적으로 동작하게 된다. HSGS가 투입되는 상이 사고상인지 확인하기 위하여 통상 10~15사이클의 투입 지연시간을 갖으며 아크경로가 HSGS가 개방되기 전 비이온화되었는지 확인하기 위하여 10~15사이클의 개방지연을 갖는다[3].





〈그림 2〉 HSGS의 동작 과정

다음 표 1은 앞서 설명한 접지스위치의 고속제폐로(1초)과정을 서술한 것이며, 시뮬레이션 과정에서 본 순서대로 HSGS 투입과정이 진행된다.

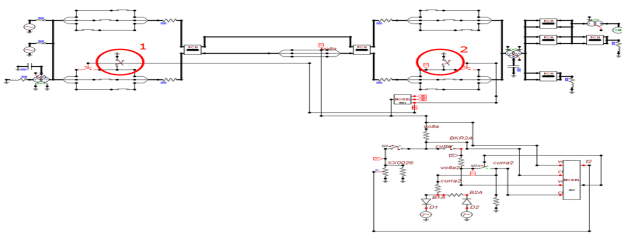
〈표 1〉 HSGS의 동작 sequence

주기	시간	동작내용
0cycle	0[sec]	시 작
1cycle	0.01667[sec]	고장 발생
6cycle	0.10[sec]	양단 CB Trip
9cycle	0.15[sec]	선행 HSGS 투입
15cycle	0.25[sec]	후행 HSGS 투입
21cycle	0.35[sec]	2차 아크 소호
34cycle	0.567[sec]	선행 HSGS 개방
40cycle	0.667[sec]	후행 HSGS 개방
60cycle	1[sec]	종 료

3. 모의 및 결과

3.1 모델 계통

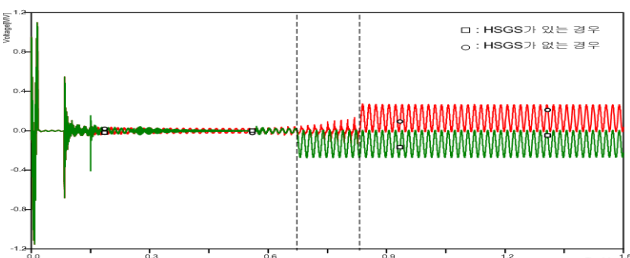
다음 그림 3은 ATPDraw에서 모델링한 765kV 모델계통이며, 그림에 표시된 1, 2번 스위치가 표 1에서의 같은 동작sequence를 갖는 선행단, 후행단에 HSGS에 해당된다. HSGS 특성을 살펴보기 위해, 0.0167초에 고장을 발생시켜서 고장상 전압 파형을 확인하였고, 다양한 영향을 분석하기 위해 고장을 1선(A상), 2선(A, B상) 지락고장을 발생시켰다.



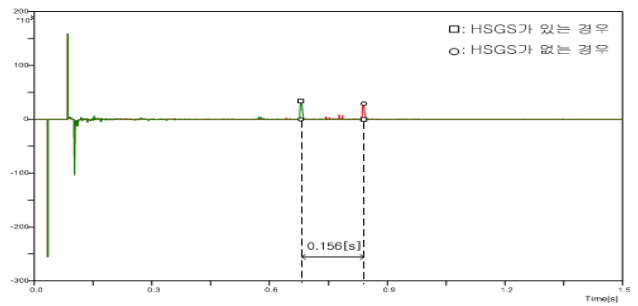
〈그림 3〉 ATPDraw로 모델링한 765kV 모델 계통

3.2 1선 지락사고의 경우 2차아크 소호시간 분석

다음 그림 4는 HSGS가 있는 경우와 그렇지 않은 경우의 고장상에서의 전압특성을 비교한 것이고, 그림 5는 아크 전압의 rms값 차이를 이용하여 두 경우의 2차아크 소호시점을 나타낸 그래프이다. 계통에 1선 아크 지락사고를 내어, 결과를 분석하였을 때 2차아크가 소호되는 시간을 살펴보면 HSGS가 없을 경우보다 0.156초, 약 9.36[cycle] 정도 2차아크 소호시간이 줄어드는 것을 확인할 수 있다.



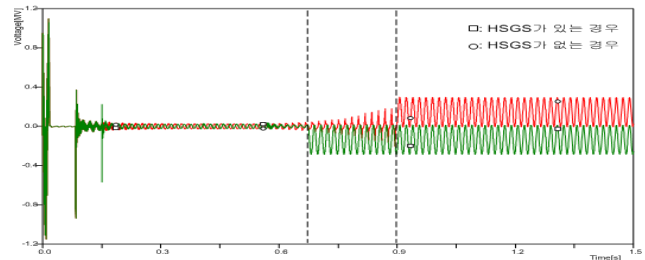
〈그림 4〉 1선 지락사고의 경우 전압파형 비교



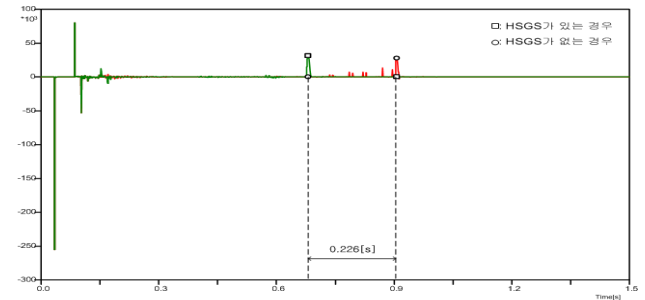
〈그림 5〉 1선 지락사고의 경우 2차아크 소호시간

3.3 2선 지락사고의 경우 2차아크 소호시간 분석

2선 지락사고를 발생시킨 경우에는 HSGS를 투입한 경우가 그렇지 않은 경우보다 2차아크 소호시간이 0.226초, 약 13.56[cycle] 정도의 시간이 단축됨을 확인할 수 있었다. 해당 시뮬레이션 결과는 그림 6, 7에 나타내었다.



〈그림 6〉 2선 지락사고의 경우 전압파형 비교



〈그림 7〉 2선 지락사고의 경우 2차아크 소호시간

4. 결 론

765kV 송전선로 운용시 발생하는 지락고장에 있어서 2차아크의 소호 시간을 확인하고자, 본 논문에서는 HSGS를 적용한 아크소호를 시뮬레이션하여 계통 내 적용효과를 시험해 보았다. 그 결과 1선지락의 경우 약 150[ms], 2선지락의 경우 약 220[ms]의 아크소호 시간이 단축되는 결과를 얻을 수 있었으며, 이러한 결과를 바탕으로 볼 때 HSGS를 이용한 경우 765kV의 송전계통에서 고속도제폐로 과정시 무전압시간을 단축시켜 보다 빠른 계통 정상화가 이루어져 전력공급 신뢰성을 확보할 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

본 과제(결과물)는 지식경제부의 지원으로 수행한 에너지자원 인력양성사업의 연구결과입니다.

[참 고 문 헌]

- [1] 안상필, "An alternative approach to adaptive single pole Auto-Reclosing in high voltage transmission systems based on Variable dead time control", IEEE Transactions on Power delivery, vol.16, no.4, October 2001
- [2] A.T.Johns and R.K.Aggarwal, "Improved techniques for modelling fault arcs on faulted EHV transmission systems", IEE, Paper 9869C(p11), 1993.8
- [3] 정시환, "765kV 송전선로 제폐로방식에 관한 연구", 한양대학교, 2000.12