

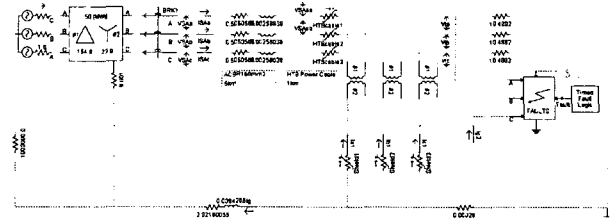
고장전류에 의한 초전도 전력케이블의 내부전류 변화 분석

방중현*, 제항호*, 김재호*, 심기덕**, 조전욱**, 윤재영**, 장현만***, 이수길***, 박민원*, 유인근*
 *창원대학교, **한국전기연구원, ***LS 전선

Fault Current Analysis of HTS Power Cable

Jong-Hyun Bang*, Hyangho Je*, Jae-Ho Kim*, Kideok Sim**, Jeonwook Cho**, Jae Young Yoon**, Hyun-Man Jang***, Su-Kil Lee***, Minwon Park*, In-Keun Yu*
 *Changwon National University, **KERI, ***LS Cable Ltd.

Abstract - HTS(High Temperature Superconductivity) Power Cable has a different characteristic with conventional distribution line, so installation and operation condition are different. In this paper, internal fault current characteristics of HTS power cable was analyzed. For this, EMTDC model component of HTS power cable was developed. The developed EMTDC model component is applied to distribution line, then authors analyze internal current characteristics of HTS power cable when fault occurred.



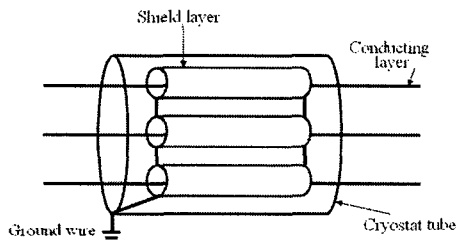
〈그림 3〉 초전도 전력케이블의 양단 Ground Wire 연결

1. 서 론

초전도 전력케이블은 기존의 전력케이블과 비교할 때 단위면적당 송전용량을 3배 또는 4배 증가시킬 수 있으며 이로 인해 전력케이블의 소형화 및 대용량화가 가능하다. 또한 전기저항에 의한 손실의 거의 없어 송전비용 절감효과도 가져올 수 있다[1,2]. 기존 전력케이블과 초전도 전력케이블은 그 특성이 다르고, 사고 시 이러한 초전도 전력케이블의 전기적 변화 등을 연구하는 것은 중요하다. 본 논문에서는 22.9[kV] 배전선로에 초전도 전력케이블을 적용 시뮬레이션 하였으며, 사고 시 초전도 전력케이블의 내부전류 변화를 중점으로 모의, 분석하였다.

2. 본 론

2.1 초전도 전력케이블의 구조

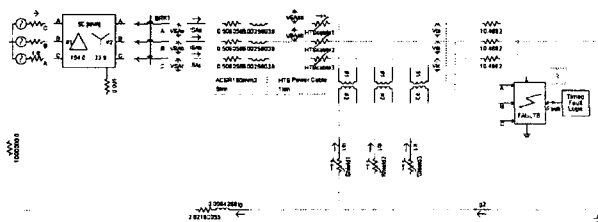


〈그림 1〉 삼상 초전도 전력케이블의 전기적 구조

그림 1은 삼상 초전도 전력케이블의 전기적 구조를 간략화한 그림이다. 그림 1을 보면, 초전도 전력케이블은 실드층이 통전층을 감싸고 있고 각 실드층은 서로 연결되어 있으며, 통전층과 실드층 전체를 극저온관로가 감싸고 있는 구조이다. 여기서, 통전층과 실드층은 자기적으로 결합되어 있다. 이러한 이유로 통전층에서 실드층으로 전류유도가 이루어지는데, 선로의 사고 시 통전층의 고장전류가 실드층으로 유기된다.

2.2 초전도 전력케이블의 접지방법

그림 2와 그림 3은 50[MVA] 배전선로를 PSCAD/EMTDC에서 모델링한 회로도인데, 선로는 ALOC-160[mm²] 5[km]와 초전도 전력케이블 1[km]로 구성하였다. 그림 2는 초전도 전력케이블의 전단부를 Ground Wire(GW)와 연결한 회로도이며, 그림 3은 초전도 전력케이블의 양단을 GW와 연결한 회로도이다. 본 연구팀에서 개발한 초전도 전력케이블 컴포넌트를 선로에 적용해서 두 경우에 대해서 사고 발생 시 전류분포를 시뮬레이션 해석하였다[3,4].



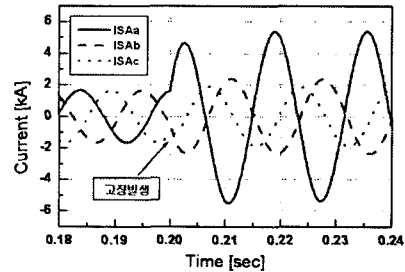
〈그림 2〉 초전도 전력케이블의 전단부 Ground Wire 연결

3. 시뮬레이션 및 실험 결과

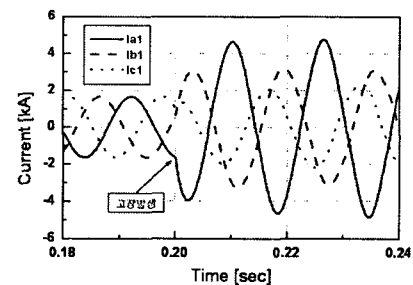
3.1 1선 지락사고

먼저 선로에 가장 빈번히 발생하는 1선 지락사고 시뮬레이션을 모의하였다. 사고발생 시간은 0.2[sec]이고, 초전도 전력케이블의 임계전류 값은 모두 2[kA]로 설정하였다.

3.1.1 초전도 전력케이블의 전단부 GW 연결시



〈그림 4〉 1선 지락 사고 시 초전도 전력케이블의 통전층의 사고전류 (전단 GW 연결)

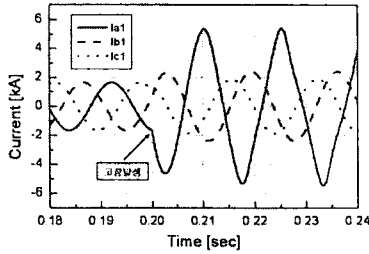


〈그림 5〉 1선 지락 사고 시 초전도 전력케이블의 실드층의 사고전류 (전단 GW 연결)

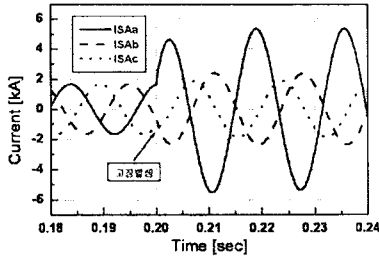
그림 4와 그림 5는 초전도 전력케이블의 전단부 GW 연결했을 시 통전층과 실드층의 사고전류 파형이다. 그림 4와 5를 보면 통전층과 실드층의 불평형이 발생하고, 이런 이유로 각 상의 통전층의 사고전류와 실드층의 사고전류는 달라지게 된다.

3.1.2 초전도 전력케이블의 양단부 GW 연결시

그림 6과 그림 7은 초전도 전력케이블의 양단부 GW 연결했을 시 통전층과 실드층의 사고전류 파형이다. 그림 6과 그림 7을 보면, 초전도 전력케이블의 전단부 GW 연결했을 경우와 다른 파형을 볼 수 있는데, 통전층과 실드층은 상 불평형이 발생하지 않으며, 사고가 발생한 a상을 제외한 b, c상의 통전층의 전류는 실드층으로 100% 유도되는 것을 볼 수 있다.



〈그림 6〉 1선 지락 사고 시 초전도 전력케이블의 통전층의 사고전류 (양단 GW 연결)



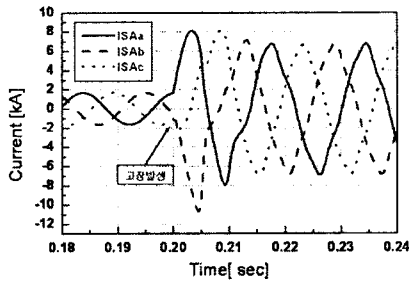
〈그림 7〉 1선 지락 사고 시 초전도 전력케이블의 실드층의 사고전류 (양단 GW 연결)

3.2. 3상 단락사고

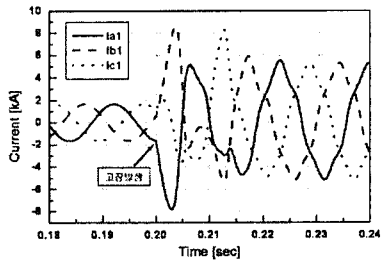
3상 단락 사고는 1선 지락사고와 다르게, 사고 시 상 불평형은 발생하지 않고 고장전류가 아주 크다. 실험은 1선 지락 시와 같이, 초전도 전력케이블의 전단부 GW 연결 시와 양단부 GW 연결 시 두 경우 모두 시뮬레이션 하였다.

3.2.1 초전도 전력케이블의 전단부 GW 연결시

그림 8과 그림 9는 3상 단락 시 통전층과 실드층의 사고전류 그래프이다. 그림 8과 9를 보면, 처음 사고 발생 시(0.2sec) 사고전류는 아주 크지만, 초전도 전력케이블의 저항으로 인해 제한되는 것을 볼 수 있다. 1선 지락시와 비교해서 3상 단락 사고 시에는 사고전류가 크므로 초전도 전력케이블의 저항은 훨씬 크다. 이로 인해 사고전류는 빨리 제한되는 것을 볼 수 있고, 또한 상 불평형이 발생하지 않으므로 3상의 전류는 모두 동일한 값을 가지는 것을 그래프를 통해 알 수 있다.



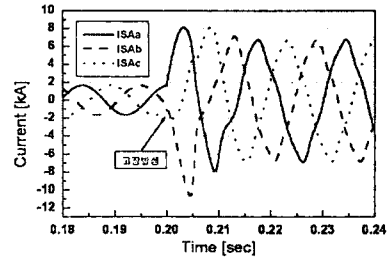
〈그림 8〉 3상 단락 사고 시 초전도 전력케이블의 통전층의 사고전류 (전단 GW 연결)



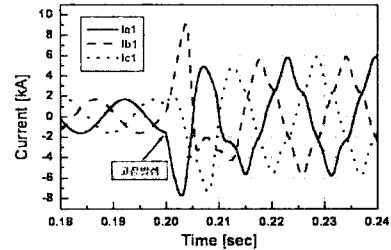
〈그림 9〉 3상 단락 사고 시 초전도 전력케이블의 실드층의 사고전류 (전단 GW 연결)

3.2.2 초전도 전력케이블의 양단부 GW 연결시

그림 10과 그림 11은 초전도 전력케이블의 양단부 GW 연결 시 통전층과 실드층의 사고전류 그래프이다. 실험 결과 그래프는 3.2.1에서의 시뮬레이션 결과와 거의 차이가 없는 것을 알 수 있다.



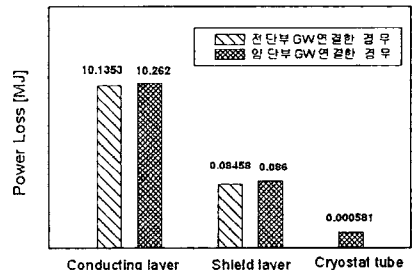
〈그림 10〉 3상 단락 사고 시 초전도 전력케이블의 통전층의 사고전류 (양단 GW 연결)



〈그림 11〉 3상 단락 사고 시 초전도 전력케이블의 실드층의 사고전류 (양단 GW 연결)

3.3 전력손실량

그림 12는 3상 단락사고 발생 후 5cycle동안 초전도 전력케이블의 전단부 GW연결한 경우와 양단부 GW연결한 경우의 초전도 전력케이블의 전력손실량을 비교한 그림이다. 그림을 보면, 케이블의 양단을 GW접지했을 때 전력손실량이 조금 더 큰 것을 알 수 있다. 그러나, 상 불평형이 발생할 경우는 AC Loss도 증가하기 때문에 전단부 GW 연결이 결코 손실이 적다고만 이야기할 수 없다.



〈그림 12〉 초전도 전력케이블의 전력손실

4. 결 론

본 논문에서는 본 연구팀에서 개발 중인 PSCAD/EMTDC용 초전도 전력케이블 컴포넌트를 이용하여 초전도 전력케이블이 설치된 선로의 사고 시 현상을 모의하였다. 시뮬레이션 실험 결과에서 중요한 사실은 초전도 전력케이블의 양단부 GW 연결 시 1선 지락시 상 불평형이 발생하지 않고 통전층의 사고전류가 실드층으로 유도되는 것과, 전력손실량은 초전도 전력케이블의 전단부 GW 연결 시와 비교해서 증가한다는 사실이다. 이는 실제 초전도 전력케이블을 설계 시에 중요한 자료가 될 것이다.

감사의 글

본 연구는 21세기 프론티어 연구개발사업인 차세대초전도응용기술개발 사업단의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

[참 고 문 헌]

- [1] Jeffrey O.Willis, "Superconducting Transmission Cables" IEEE Power Engineering Review, pp.10-14 2000
- [2] Aldo Boiza, Piero Metra, Marco Nassi, Mujibar Mrahman, "RECENT Development in HTS Power Cable Application" IEEE Transactions on applied superconductivity vol. 7, NO.2, pp. 339-344, June 1997
- [3] 이재득, 박민원, 유인근, "A STUDY ON THE MODELING OF SUPERCONDUCTING FAULT LIMITERS USING EMTDC", IFAC Symposium on Power Plants & Power Systems Control, Vol. 1, pp. 399-404, 2003
- [4] 한상근, 박민원, 유인근, "REAL TIME SIMULATION SCHEME FOR STAND ALONE WIND POWER GENERATION SYSTEMS", IFAC Symposium on Power Plants & Power Systems Control, Vol.1, pp. 278-282, 2003