

배전급 초전도 케이블의 상전도계통 적용시 보호협조 특성연구

이현철*, 류경우**, 황시돌***, 손승호***, 임지현***, 이근준****
 *그린넷파워, **전남대학교, ***한전전력연구원, ****충북과학대

A Study on the characteristics about the Protective Coordination in application of conductive system of Superconductor Cable

HyunChul Lee*, KyungWoo Ryu**, SiDole Hwang***, SongHo Sohn***, JiHyun Lim***, GeunJoon Lee****
 *GreenNetPower, **Chonnam Univ., ***KEPRI, ****Chungbuk Provincial College

Abstract - In this paper, the protective coordination studied in application of HTS cable in conductive system. The protective coordination analyzed to HTS cable using the PSCAD/ EMTDC. HTS cable simulated to be applying SFCL or not to be. The result was showed to be protective coordination graph in HTS cable and OCR curve at the power system fault. This graph was proposed to be power operation standard at the HTS cable fault.

1. 서 론

최근 전력수요의 증가에 따른 전력계통 설비증가는 전력계통의 고장발생시 고장전류를 더욱 크게 발생시키고 있으며, 고장전류로부터 전력계통을 보호하는 것은 매우 중요한 일이다[1-2].

보호설비는 고장전류가 발생하였을 때, 과전류계전기(OCR) 또는 한류기(FCL)가 이를 감지하여 차단기가 동작, 고장전류를 차단하도록 되어있는 전력보호시스템에 의존하고 있다. 그러나 초전도케이블에 고장발생시 차단기가 고장을 감지하고 차단하는 데는 수 Cycle동안의 짧은 시간이 필요하며, 이 시간동안 정상전류의 수십 배에 달하는 큰 고장전류가 계통 및 부하의 기기에 흐를 수밖에 없어 이로 인해 계통을 구성하는 전력기기의 손상으로 막대한 피해를 입을 수 있다[3-4].

본 논문은 상전도계통에 초전도케이블을 적용시 보호협조 특성을 연구하였다. 초전도케이블의 보호협조 모의실험을 위해 PSCAD/EMTDC를 이용하였다. 연구는 계통 고장시 초전도케이블과 OCR 보호 curve와의 비교를 하였다. 이는 배전계통 운용기준으로 초전도케이블에 대한 고장대책으로 제안한다.

2. 본 론

2.1 상전도계통에서의 초전도케이블 적용모델

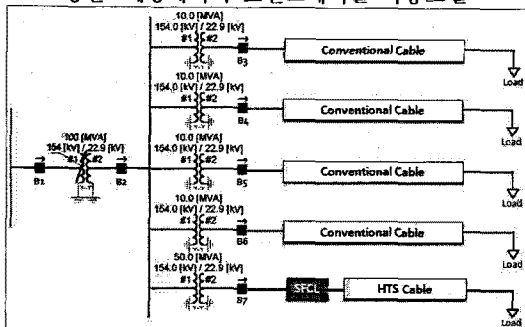


그림 1 초전도케이블의 계통모델

그림 1은 상전도 케이블과 초전도케이블의 병렬회선을 나타낸 모델이다. 모의실험을 위해 주변압기는 100[MVA], 345kV/154kV, 초전도케이블에 수용되는 변압기는 50[MVA], 154/22.9kV으로 하였으며, 케이블의 길이는 1[km]로 하였다.

2.1.1 초전도케이블의 EMTDC 모의실험

초전도케이블의 보호협조에 대한 연구는 EMTDC를 이용하여 과도해석을 하였다. 계통에 적용하기 위해 모델링은 고장시 초전도케이블을 보호하기 위한 초전도한류기(SFCL)와 차단기를 사용하였다. SFCL은 초전도케이블의 선로 고장시 1/2주기동안에 고장전류를 제한하고, 그 시간이후 차단기가 동작하여 선로를 차단한다. 그림 2는 PSCAD/EMTDC를 이용하여 초전도케이블을 계통에 적용한 모형을 나타낸 것이다.

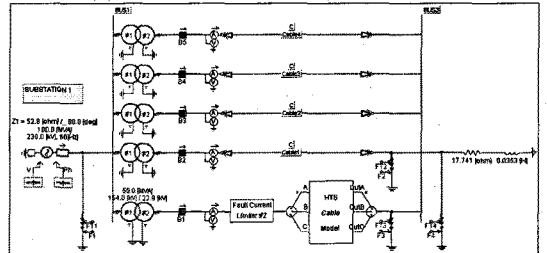
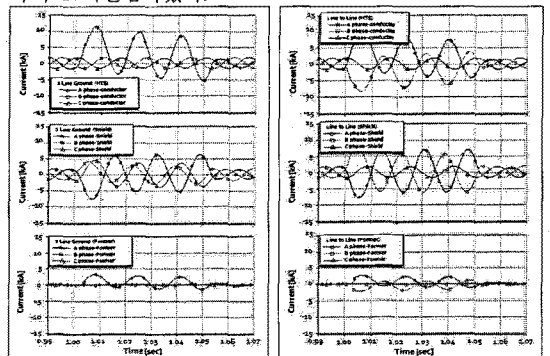


그림 2 SFCL과 초전도케이블의 보호협조를 위한 PSCAD/EMTDC 모형

2.1.1 SFCL 적용전 초전도케이블 모의실험결과

그림 3은 SFCL의 적용전 초전도케이블의 고장시의 고장전류이다. 고장시간은 1[s]에서 0.05[s]동안으로 하여 모의실험하였다.



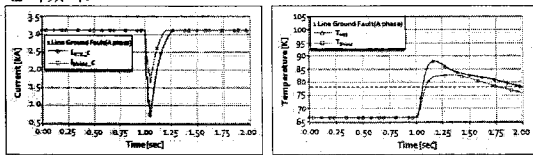
(a)1선지락고장

(b)선간단락고장

그림 3 초전도케이블 고장시 PSCAD/EMTDC실험결과(SFCL 적용전)

그림 3 (a)는 1선지락고장으로 첫 번째 그래프는 3상의 통전부 전류파형으로 A상의 고장전류가 10[kA]이상으로 증가하고, 두 번째 그래프는 3상의 쉴드부의 전류파형으로 쉴드는 B,C상과의 연결되어 A상의 고장전류가 B,C상으로 분류되며, 세 번째 그래프는 3상의 포머의 전류파형으로 통전부의 전류증가로 인하여 포머에 전류가 분류되었다. 그림 3의 (b)는 선간단락고장으로 통전부와 쉴드부에 A,B상에 고장전류가 나타나고, 통전부의 고장전류가 포머에 분류되는 것으로 나타났다.

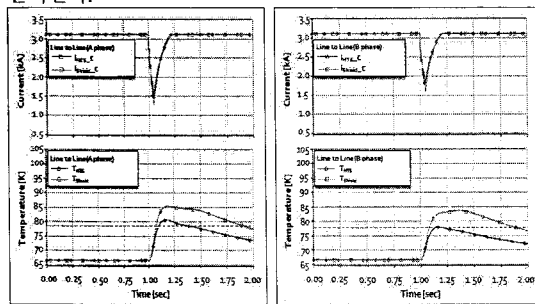
그림 4는 그림 3(a)의 운전시 임계전류와 온도의 특성변화를 나타낸 것이다. 그림 4의 (a)는 임계전류의 특성으로 고장시 임계전류가 감소하며, 쉴드부보다 통전부의 임계전류가 더 큰 폭으로 감소하였다. 그림 4의 (b)는 온도의 특성으로 고장시 온도의 급격한 상승이 일어났다.



(a)임계전류 (b)온도

그림 4 초전도케이블 운전특성 모의결과(1선지락고장)

그림 5는 그림 3(b)의 운전시 임계전류와 온도의 특성변화를 나타낸 것이다. 그림 5는 A,B상의 임계전류특성과 온도로 고장시 임계전류의 감소와 온도의 상승이 일어난다.



(a)임계전류와 온도(A상) (b)임계전류와 온도(B상)

그림 5 초전도케이블의 운전특성 모의결과(선간단락고장)

실험결과 1선지락고장에서 통전부에서 고장에 의해 임계전류와 온도가 짧은시간에 큰 폭으로 변화하는 것으로 나타났으며, 선간단락고장에서 쉴드부에서 임계전류와 온도가 큰 폭으로 변화하는 것으로 나타났다.

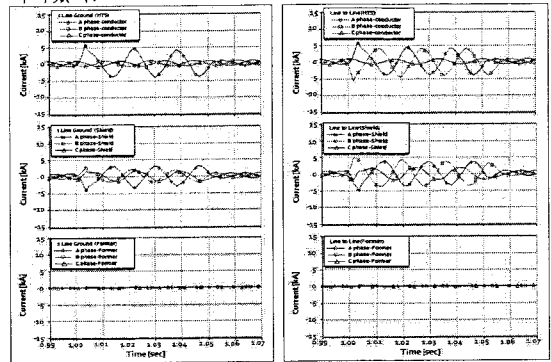
1선지락고장에서 통전부에 온도가 더 크게 변화하는 것은 고장시 DC성분에 의해 쉴드부보다 더 큰 전류의 크기로 나타나 온도에 영향을 끼쳐 나타나기 때문이다.

2.1.1 SFCL 적용후 초전도케이블 모의실험결과

그림 6은 SFCL의 적용후 초전도케이블의 고장시의 고장전류이다. 고장시간은 1[s]에서 0.05[s]동안으로 하여 모의실험하였다.

그림 6 (a)는 1선지락고장으로 첫 번째 그래프는 3상의 통전부 전류파형으로 SFCL적용전에는 10[kA]이상의 고장전류가 나타났지만, SFCL적용후 A상의 고장전류가 5[kA]이하로 나타났다. 두 번째 그래프는 쉴드부의 전류파형으로 통전부의 고장전류가 제한되므로 쉴드의 전류가 작게 나타났다. 세 번째 그래프는 포머의 전류파형으로 통전부의 고장전류가 제한되어 포머에 전류가 분류되는 것이 작게 나타났다. 그림 6의 (b)는 선간단락고장으로 통전부와 쉴드부에 A,B상에 고장전류가 나타나고, 통전부의 고장전류가 포머에 분류되는 것으로

나타났다.

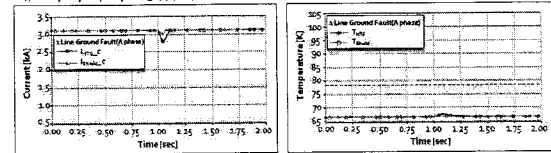


(a)1선지락고장

(b)선간단락고장

그림 6 초전도케이블 고장시 PSCAD/EMTDC실험결과(SFCL 적용후)

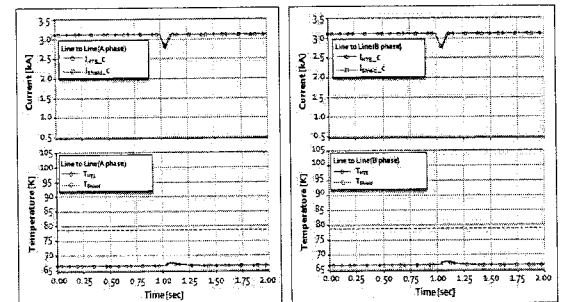
그림 7은 그림 6 (a)의 운전시 특성변화를 나타낸 것이다. 그림 8은 그림 6 (b)의 운전시 임계전류와 온도의 특성변화를 나타낸 것이다. 그림 7과 그림 8은 SFCL의 영향으로 고장시 임계전류와 온도의 특성이 크게 나타나지 않았다.



(a)임계전류

(b)온도

그림 7 초전도케이블 운전특성 모의결과(1선지락고장)



(a)임계전류와 온도(A상) (b)임계전류와 온도(B상)

그림 8 초전도케이블의 운전특성 모의결과(선간단락고장)

2.2 초전도케이블 협조그래프

그림 9는 초전도케이블과 OCR그래프를 비교를 나타내었다.

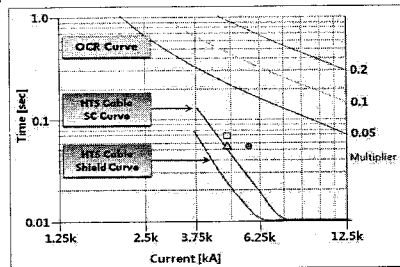


그림 9 초전도케이블의 보호협조 그래프

그림 9는 초전도케이블의 보호협조그래프를 나타낸 것으로 SFCL를 적용전의 고장시 임계온도 도달시간을 나타낸 것으로 ○은 1선지락고장, □은 2선 단락고장, △은 3선단락고장의 지점을 표시하였다. 초전도케이블은 각 고장에 대해 보호영역의 바깥부분으로 나타났으며, 초전도케이블에 SFCL을 적용하면 각 고장에 대해 안쪽 부분으로 이동하는 것으로 나타났다. 표 1은 초전도케이블의 고장시 임계온도 도달시간이다.

표 1 초전도케이블 고장시 임계온도 도달시간

고장분류	고장전류 [kA]	임계온도 시간[s]	
		통전부	실드부
1선지락	A상	5.92	0.06
2선단락	A상	4.98	0.08
	B상	4.52	0.12
3선단락	A상	5.44	0.07
	B상	4.98	0.08
	C상	4.77	0.10

3. 결 론

초전도케이블은 저전압·대전류의 전력수송수단으로 도심배전계통에 운용될 전압이다. 초전도케이블의 안정적인 적용을 위해서는 초전도케이블의 켈치특성에 대한 정밀한 대비책이 필요하며 이에 기반한 초전도한류기와 같은 신속한 고장전류 억제 시스템과 기존 시스템 보호기기와와의 보호협조 기준이 새로이 개발될 필요가 있다.

본 연구에서는 초전도케이블의 SFCL적용전/후를 PSCAD/EMTDC를 이용하여 비교하였다. 그 결과 고장시 초전도케이블에 고장전류는 6[kArms]이상의 고장전류가 발생하였고, 그에 따라 케이블의 온도의 상승으로 인하여 초전도케이블의 운전이 불안정하게 나타났다. 그러나, 초전도한류기의 적용후의 고장시 케이블의 고장전류 제한하여 3[kArms]이하로 나타났다.

그러므로 켈치특성을 반영한 새로운 보호협조 배전방식이 필요하며, 이에 기반한 순시 과전류를 억제하기 위해 초전도한류기를 적용하면 계통의 보호협조에 초전도한류기가 초전도케이블의 안정적인 운용에 기여한다는 것을 모의결과로 입증하였다.

또한, 초전도한류기의 적용으로 계통 고장시 초전도케이블의 안전운용영역이 확대되었으며, 이와 같이 함으로써 초전도케이블 적용 배전계통을 안정적으로 운용할 수 있는 운용기준설정이 가능 할 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 2008년도 지식경제부의 지원에 의하여 이루어진 연구로서, 관계부처에 감사드립니다.

[참 고 문 헌]

- [1] N.Kelley, M.Massi, L.Masur, "Application of HTS wire and cables to Power Transmission : State of the Art and Opportunities", IEEE, Trans. on Applied Superconductivity, pp.448-454, 2001
- [2] Jeffrey O.Willies, "Superconducting Transmission Cables", IEEE Power Engineering Review, pp.10-14, 2000
- [3] 배형택, "고온초전도 한류기의 전력계통 적용에 관한 연구", 창원대 대학원, 2005
- [4] "22.9kVA급 초전도케이블의 실계통 적용 최적 운전조건 연구", 지식경제부, 2008