

불평형 고장시의 초전도 케이블의 응동 특성

이근준*, 이종배**, 황시들***
 충북과학대학*, (주)그린넷파워**, 한전 전력연구원***

Dynamic Characteristic of the Superconducting Cable in unbalanced Faults

Geunjoon LEE*, Jongbae LEE**, Sidol-Hwang***
 Chungbuk Provincial college*, GreenNetPower**, KEPRI***

Abstract - In the faults of power line, single line ground and line-to-line fault make power system to unbalanced. These fault currents make unbalanced power system. This paper suggests the simulation results of dynamic characteristic of HTS cable system under unbalanced faults condition using EMTDC, Quench phenomenon and current limiting effects are observed. However, quench on the HTS is destroy cable system, coordination with SFCL has to be considered.

1. 서 론

도심지 부하 증가로 인한 전력수송량의 증가 또한 불가피하다. 전력수송량의 증가로 인해 고려되어야 하는 전력선 신설 및 변전소 신설은 부지확보의 어려움과 시민의식의 성장으로 더욱 힘들어지고 있다. 초전도케이블은 상도체케이블에 비해 훨씬 컴팩트한 크기를 가지면서 대용량의 전력수송용량을 가진다.[1-5] 본 논문에서는 이러한 배전급 초전도케이블 시스템에서 발생될 수 있는 1선지락고장, 2선단락고장과 같은 불평형 고장 시에 초전도케이블의 응동 특성을 파악하고, 배전계통운용기준에 적합한 고장전류 저감대책을 제안한다.

2. 본 론

2.1 불평형 고장.

선로에서의 고장 중 대부분을 차지하는 1선지락고장과 선간 단락고장은 계통의 평형상태를 불평형으로 만든다. 이로 인해 발생하는 고장전류는 초전도케이블에서 퀸치 현상을 초래하여 전력수송에 장애를 초래한다.

2.1.1 퀸치저항

초전도케이블의 저항 증가는 임계전류와 V-I특성곡선에서 산출되는 특성값에 의해 결정된다.

$$R_{quench} = \left(\frac{I_{hts}}{I_c}\right)^{n-1} \quad (1)$$

여기서,
 R_{quench} : 퀸치저항
 I_{hts} : 초전도선로에 흐르는 전류
 I_c : 임계전류
 n : V-I특성곡선에서 산출되는 특성값

케이블 시스템에 흐르는 전류가 임계전류를 초과하여 흐르는 경우에는 퀸치가 발생하여 케이블 저항이 증가하며 임계전류 이하로 떨어지게 되면 퀸치저항 역시 전류 변

화와 마찬가지로 즉시 퀸치가 회복되어 저항이 감소되는 것으로 모델링되었다.[6]

2.2 모의 해석

모의 계통은 다음 그림1과 같다.

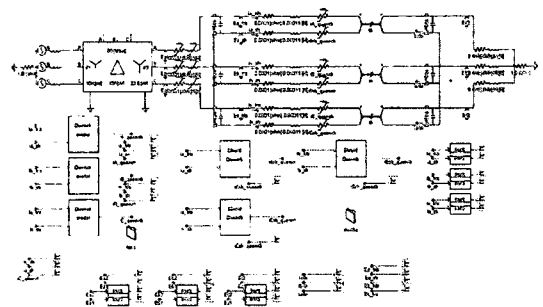


그림 1 모의계통

시뮬레이션은 대표적 과도해석 프로그램인 EMTDC를 이용하여 이루어졌고, 계통에 입력된 전원, 선로, 부하의 데이터는 다음 표1과 같다.

표1 계통 데이터

Source	HTS cable system	Load
- voltage : 154kV	- R : 0.0001[ohm]	- R : 8.448[ohm]
- capacity : 50MVA	- L : 0.11[mH]	- L : 0.0168[H]
	- C : 0.32[μF]	

전원은 154kV 송전계통으로 설정하고 154/22.9kV 변압기를 통해 계통으로 전원이 유입되는 것으로 설정하였다. 초전도 케이블 데이터는 현재 고창 전력실증시험장에 설치된 22.9kV 50MVA급 초전도케이블의 설치 데이터를 사용하였다. 상도체 케이블이 적용된 모의 계통은 그림2와 같다.

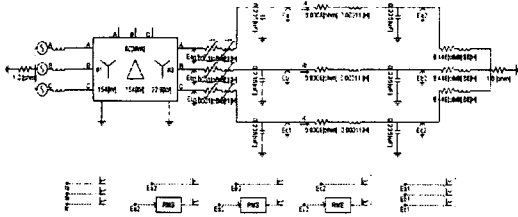


그림 2 상도체 케이블 모의계통

상도체 케이블 모의계통의 선로정수는 배전계통에 적용되는 22.9kV CNCV 데이터를 사용하였고, 내용은 다음 표2와 같다.

표 2 상도체케이블 선로정수

R	L	C
0.0308Ω/km	0.11(mH)	0.47μF/km

모의를 수행할 사항으로는 계통에서 빈번히 발생되고 계통의 평형상태를 불평형 상태로 만드는 1선지락 고장과 2선 단락고장을 수행하였다. 1선 지락고장은 a상 선로를 0.95[s]지점에서 0.35[s]간 발생하였고, 2선 단락고장은 a상과 b상을 1[s]지점에서 0.05[s]간 발생하였다.

2.2.1 모의 결과

1) 초전도 케이블 계통 모의 결과

① 1선 지락 고장

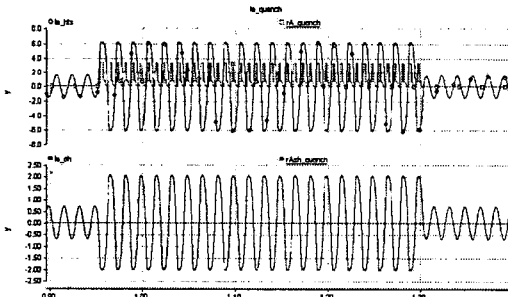


그림 3 1선지락고장 - a상 선로 전류파형

가로축은 시간(time)을 세로축은 전류의 크기(kA)를 나타낸다. 고장 시, 초전도케이블의 전류는 퀸치저항의 발생으로 고장전류의 크기가 4.38[kA]로 제한되는 모습을 보였으나, 필드층의 전류는 임계전류의 크기에 미치지 못하여 퀸치특성은 발생되지 않았다.

② 2선 단락 고장

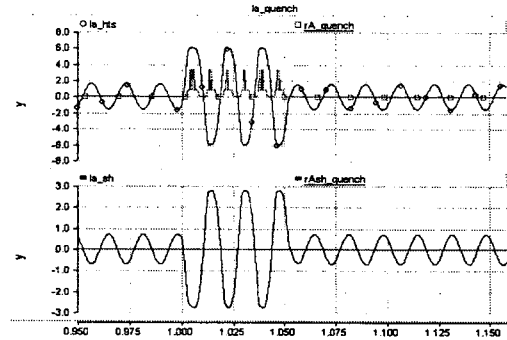


그림 4 2선단락고장 - a상 선로 전류파형

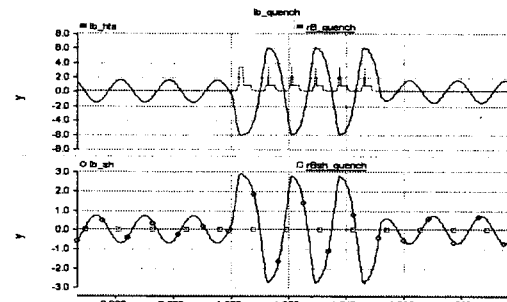


그림 5 2선단락고장 - b상 선로 전류파형

단락고장 발생 시, 1선지락 고장과 유사한 고장전류형태를 보였다. 퀸치는 고장을 발생시킨 a, b상 모두에서 발생되었다.

2) 상도체 케이블 계통 모의 결과

① 1선 지락 고장

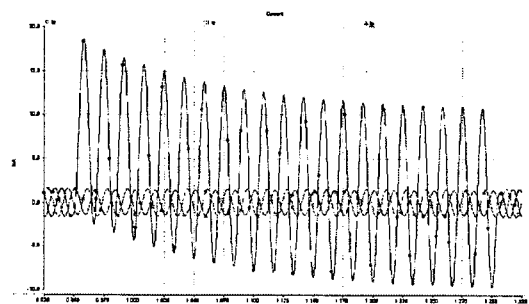


그림 6 1선지락고장 - 전류파형

큰 폭으로 증감하는 파형은 고장발생 선로인 a상 선로이다. a상 선로전류는 고장 발생 시, 고장전류가 13.129[kA]까지 유입되는 현상을 보였다. 이는 초전도케이블에서 퀸치저항의 발생으로 인해 고장전류가 감소된 것과는 상이한 결과이다.

2선 단락 고장

[참 고 문 헌]

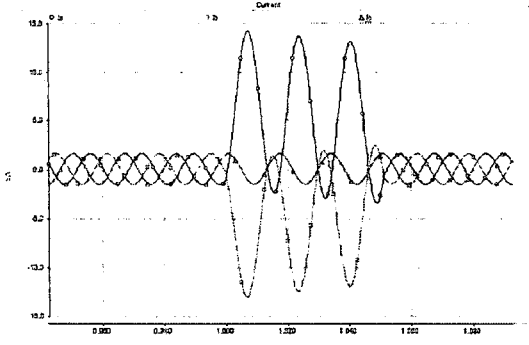


그림 7 2선단락고장 - 전류파형

단락고장의 발생으로 a상의 전류는 10.019[kA], b상의 전류는 9.26[kA]까지 증가하였다.

3) 고장전류 비교

표 3 케이블 간 고장전류 비교[kA]

	상도체케이블	초전도체케이블	Difference
정상상태	1.108	1.103	0.005
1선지락	13.129	4.38	8.749
2선단락 (a상)	10.019	4.33	5.689
2선단락 (b상)	9.26	4.31	4.95

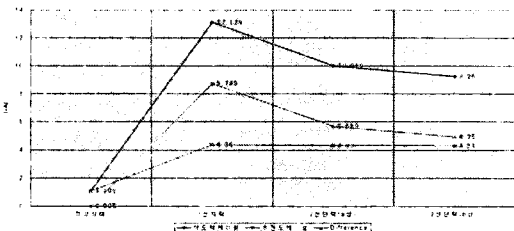


그림 8 케이블 간 고장전류 비교

상도체 케이블은 고장이 발생하면 큰 고장전류가 유입되었으나 초전도체케이블은 퀴치특성으로 인해 고장전류가 임계전류값을 초과하게 되면, 퀴치저항이 발생하여 고장전류를 감소시키는 특성이 있었다. 퀴치저항값이 임계전류와 V-I 특성곡선에서 산출되는 특성값에 의해 결정되지만, 퀴치저항은 초전도체가 상도체로 전이되는 현상이므로 그것으로 고장전류를 감소시키는 것을 기대하기는 어렵다.

3. 결 론

초전도 케이블 시스템으로 고장전류가 유입되어 발생되는 퀴치현상은 고장전류를 저감시키는 작용을 한다. 퀴치저항의 크기는 초전도체케이블의 임계전류값과 V-I특성곡선에서 산출되는 특성값으로 결정된다. 퀴치특성은 단순히 고장전류를 억제하는 기능을 할 뿐, 계통의 상태를 안정적으로 이끌지는 못한다. 불평형고장 시에도 안정적인 계통을 운용하기 위해서는 초전도 한류기와 같은 고장전류 억제 시스템과의 보호협조가 우선시 되어야 한다.

- [1] Jeonwook Cho, Ki-Chul Seong, et, el., "A Design and Tests of HTS Power Cables and Feacilbity Study of HTS Power Transmission System in Korea", IEEE Trans. on Applied Superconductivity, Vol.10, No.1, pp1150-1153, March 2000
- [2] Jon Jipping, Andrea Mansoldo, "The impact of HTS cables on Power Flow distribution and Short-Circuit currents within a meshed network", IEEE 2001 O-7803-7285-9/01.
- [3] Die해 Politano, Marten Sjostrom, Gilbert Schnyder and Jakob Rhyner, "Technical and Economical Assessment of HTS Cables", IEEE Trans. on Applied Superconductivity, Vol.11, No.1, pp1150-1153, 2477-2480, March 2001.
- [4] K. C. Seong, S. B. Choi, J. W. Cho, et. el., "A Study on the Application Effects of HTS Power Cable in Seoul", IEEE Trans. on Applied Superconductivity, Vol.11, No.1, pp2367-2370, March 2001.
- [5] Andrea Mansoldo, March Nassi and Pierluigi Ladie, "HTS Cable application studies and technical/economical comparisons with conventional technologies", IEEE, 0-7803-7322-7/02 pp142-144, 2002.
- [6] "초전도케이블 전력계통 적용 기반기술 연구", 최종보고서, 산업자원부, 2006. 7.