

3상 전력계통의 1선 지락사고에 대한 초전도한류기의 동작특성

최효상, 현옥배, 김혜림, 황시돌, 차상도
한전 전력연구원

Operating properties of superconducting fault current limiters with a single line-to-ground fault in a three-phase system

Hyo-Sang Choi, Ok-Bae Hyun, Hye-Rim Kim, Si-Dole Hwang, Sang-Do Cha
Korea Electric Power Research Institute

hschoi@kepri.re.kr

Abstract - We performed unsymmetrical analysis of a single line-to-ground fault in a three-phase system. The current limiting elements were meander type YBCO stripes coated with Au shunt. When the fault occurred, short circuit currents were effectively limited within 1-2 msec after fault instant. The unsymmetrical rate of fault phase was distributed from 6.4 to 1.4 and most of the fault current flowed in the grounding line due to its direct grounding system.

1. 서론

산업의 고도화 그리고 전력수요의 증대 때문에 고장전류의 크기는 지속적으로 증가되고 있다. 이러한 고장전류의 증가에 따른 대책은 현재 모선분리 운전, 보상 리액터 설치 등이 적용 혹은 검토되고 있으나 계통의 안정도 저하, 선로 임피던스의 증대 등의 부가적인 문제를 초래하고 있는 실정이다.[1] 따라서 사고전류를 줄여주기 위한 새로운 대책으로써 초전도한류기의 개발이 국내외적으로 활발히 진행되고 있는 바, 초전도한류기란 정상상태에서는 저항이 없어서 계통에 전혀 영향을 주지 않다가 일단 사고가 발생하면 순간적으로 큰 임피던스를 가지는 부하로 변화되어 사고전류를 줄여주는 장치이다.[2-3]

본 논문에서는 박막을 이용한 저항형 초전도한류기를 제작하고, 3상 전원 계통에서 직접접지 방식 1선 지락사고(1SG, A-G) 발생시의 과도 사고해석을 수행하였다.

2. 본론

2.1. 실험 구성

실험에 사용된 한류소자는 2인치 크기의 YBCO 박막을 폭 2 mm, 길이 40 cm의 meander 형태로 식각하여 사용하였으며 구체적인 제원은 참고문헌[3]에 자세히 나타내었다. 한편,

1선 지락사고 시험을 위한 회로결선도는 그림 1과 같다. 그림에서 SW1, SW2, SW3을 폐로한 상태에서 SW4를 닫음으로써 1선지락사고 시험을 수행하였다.

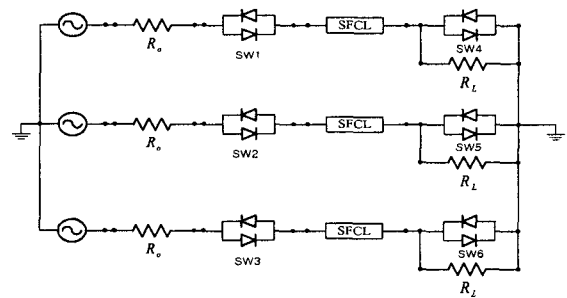


Fig. 1. The circuit diagram for single line-to-ground fault test

2.2 1선 지락 사고 해석

우선 3상 실험에 사용된 각 한류소자의 기초특성조사를 위하여 임계전류특성을 표 1에 나타내었다. 임계전류값의 편차가 0.5 %이내로써 비교적 균일한 특성을 보여주고 있다.

Table. 1. The critical current values(I_c) of 3 elements

구분	SFCL A	SFCL B	SFCL C
임계전류값 (I_c , A)	15.55	15.58	15.60

그림 2는 3상 단락시험설비(인가전압 : 150 V_{rms}, 용량 : 103 kVA, 사고각 0°)를 이용하여 1선지락사고를 수행한 실험결과이다. 그림에서 알 수 있는 바와 같이 사고발생(그림의 A상) 직후 최고 32 A까지 상승하였다가 1-2 msec 이내에 효과적으로 전류제한이 이루어지는 것을 확인할 수 있다. 이때 사고발생 이후에 초전도한류소자 양단에 나타나는 전압변화를 그림 3에 보여준다. 사고상(A상)에서 한류소자의 양단간에

전압강하가 발생하는 것을 볼 수 있으며 건전상은 초전도상태를 유지하고 있음을 확인할 수 있다. 사고상의 건전상에 대한 불평형률은 사고 직후 최고 약 6.4배 정도이었으나 점차 지수함수적으로 감소하여 사고 발생 3주기 후에는 약 1.4배 정도 이었다.

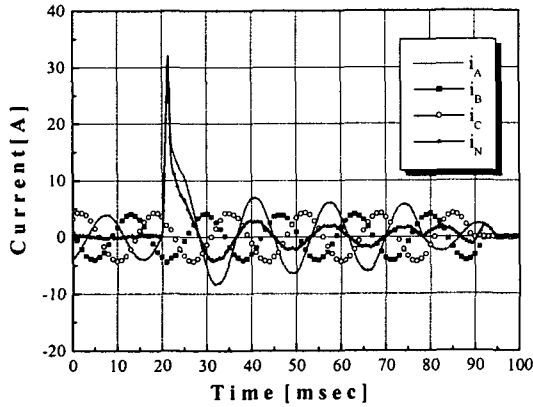


Fig. 2. A single line-to-ground fault in a three-phase system

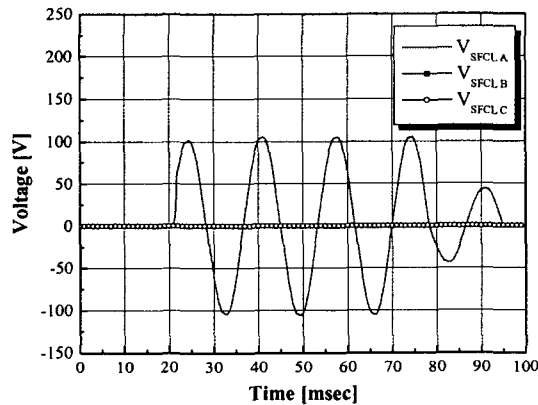


Fig. 3. Voltage characteristics of 3 superconductive switching elements

이번 실험에서는 영저항 직접접지방식을 채택하여 1선 지락고장 실험을 수행하였다. 따라서 건전상의 전압상승은 거의 발생하지 않았으며 1상이 단락상태로 되기 때문에 지락전류가 대단히 커짐을 확인할 수 있다. 따라서 영상전류의 흐름을 파악할 필요가 있다. 사고분석을 위하여 대칭좌표법에 의한 대칭분전류를 수식으로 나타내면 다음과 같다. 또한, 이러한 수식에 근거하여 영상전류값을 계산한 후 비교를 위하여 중성선으로 흐르는 전류 i_N 과 i_0 를 그림 3에 도시하였다. 그림에서 알 수 있는 바와 같이 두 파형은 동일한 형태였으며 그 크기도 $i_N = 3i_0$ 를 만족하였다. 즉, 직접접지방식 1선지락고장의 경우 불평형전류는 거의 모두 중성선을 통하여 흐름을 알 수 있다. 이 방식은 절연계급을 현저히 낮출 수 있으나 통신선에의 유도장해가 클 것으로 예상된다.

$$I_0 = \frac{1}{3} (I_a + I_b + I_c)$$

$$I_1 = \frac{1}{3} (I_a + aI_b + a^2I_c)$$

$$I_2 = \frac{1}{3} (I_a + a^2I_b + aI_c)$$

$$a = -\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2}, \quad a^2 = -\frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2}$$

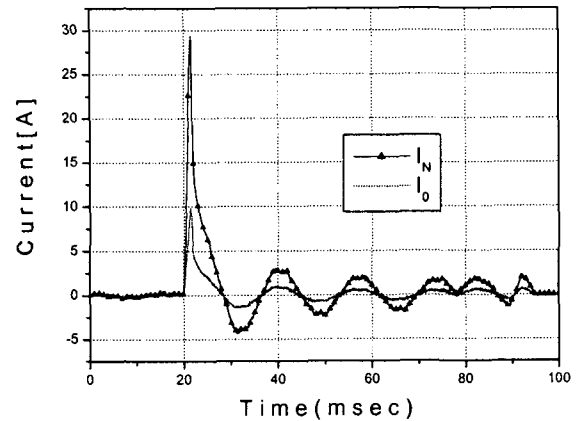


Fig. 4. Zero phase and ground currents in a single line-to-ground fault

3. 결 론

본 연구는 YBCO 박막을 이용한 초전도 한류기의 직접접지 1선지락사고에 대한 실험결과로써 사고발생 후 1-2 msec 이내에 사고전류가 효과적으로 제한되었으며 전압불평형률도 3주기 이내에 현저히 감소함을 확인하였다. 실측한 불평형전류를 평형 영상전류로 분해하여 중성선으로 흐르는 전류와의 관계를 해석하였으며 앞으로 건전상의 전류상승이 예상되는 저항 및 리액턴스 접지 실험을 통한 고장계산 및 해석의 필요성을 확인하였다.

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

[참 고 문 헌]

- (1) 김준환, 이강완, 고장전류 증대와 대응 방안 (상), 전기저널, 256, 19-25 (1998).
- (2) Hyo-Sang Choi, Ok-Bae Hyun, Hye-Rim Kim, Quench characteristics of resistive superconducting fault current limiters based on YBCO films, Physica C, vol. 351, pp. 415-420, 2001.
- (3) Hyo-Sang Choi, Hye-Rim Kim, Ok-Bae Hyun and Sang-Joon Kim, Quench properties of Y-Ba-Cu-O films after overpowering quenches, IEEE Trans. Appl. Superconduct., vol. 11, pp. 2418-2421, Mar. 2001.