

저항형 고온초전도 전류제한기의 사고각에 따른 전류제한 특성 분석

박충렬, 임성훈^{*}, 박형민^{**}, 이종화, 고석철, 최효상^{***}, 한병성, 현옥배^{***}

전북대학교 전기공학과, 전북대학교 공업기술연구소, 조선대학교 전기공학과^{***}, 전력연구원

The Analysis of Current Limiting Characteristics According to Fault Angles in the Resistive Type High-Tc Superconducting Fault Current Limiter

Chung-Ryul Park, Sung-Hun Lim^{*}, Hyoung-Min Park^{**}, Jong-Hwa Lee, Seokcheol Ko, Hyo-Sang Choi^{***}
Byoung-Sung Han, Ok-Bae Hyun^{***}

Chonbuk National Uni., The Reach Center of Industrial Technology^{*}, Chosun Uni^{**}., KEPRI^{***}

Abstract

According to the continuous demand for power and the growth of electric power utilities, the electric power transmission capacity was increased. The increase of the electric power transmission capacity results in an increase of the fault current level a fault happened. So the superconducting fault current limiter (SFCL) has been reached as the countermeasure for the reduction of the fault current.

In this paper, we investigate the fault currents characteristics of resistive type SFCL according to fault angles when AC power source applied. As the fault angles increase, the first peak value of fault current decreased lower. On the other hand, the power burden of SFCL increased.

Key Words : fault current level, superconducting fault current limiter(SFCL), fault angles, resistive type SFCL

1. 서 론

지속적인 전력수요의 증가와 더불어 대단위 발전 설비가 증가됨에 따라 전력전송 용량이 날로 증가하게 되었다. 전력전송 용량의 증가는 단락사고로 인한 고장전류의 증가를 발생 시켰고, 이는 전력계통과 장비들의 안정도 문제에 심각한 영향을 주게 되었다[1]. 증가된 고장전류로 인한 계통 보호 방안으로 여러 가지 초전도 전류제한기가 제안되었다[2 - 4]. 본 논문에서는 저항형 고온초전도 전류제한기의 동작 특성분석을 하였다. 이는 정상 상태시 영저항 특성을 나타내지만 퀀치 발생시 상전도 저항 발생으로 사고전류를 제한하는 방식이다[5]. 정

상 운전시 초전도 소자에 저항이 나타나지 않다가 사고전류가 임계전류를 넘으면 고온초전도 소자의 저항발생으로 사고전류를 제한할 수 있다. 본 논문에서는 저항형 고온초전도 전류제한기의 특성을 분석하였다. 이를 위해 인가된 전압에서 5주기 동안 사고를 발생 시켰을 때, 사고시 선로에 흐르는 전류와 고온초전도 소자양단 전압을 측정하였다. 측정된 소자의 전류, 전압으로부터 사고각이 0° 일때 사고전류가 소자의 임계전류 값을 넘는 시점 즉, 퀀치에 도달하는 시간이 가장 늦게 나타남을 확인할 수 있었으며 사고후 소자의 전류, 전압의 첫 번째 피크 값이 크게 나타남을 분석할 수 있었다.

2. 실험 장치 및 방법

2.1 실험장치

그림 1은 YBCO 박막을 이용한 저항형 고온초전도 전류제한기의 실험회로를 보여준다. 그림 1에서 보는 바와 같이 YBCO 박막은 임계온도 특성을 고려해 액체질소가 담겨진 Cryostat 내부에 존재한다. V_s 는 90V_{rms}로 인가된 전원전압이고, R_{in} 은 전류변화를 측정하기 위한 1Ω짜리 기준 저항을 나타내며 부하저항 R_L 은 50Ω으로 설정하였다.

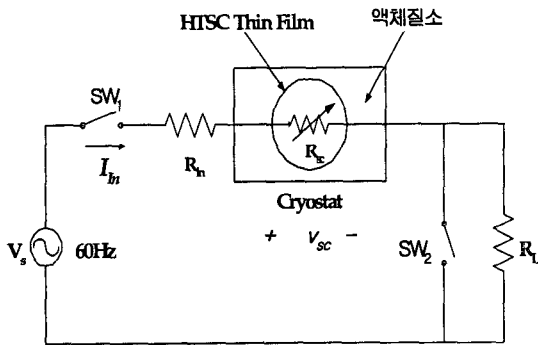


그림 1. 저항형 고온초전도 전류제한기의 실험회로

표 1은 실험에 사용된 고온초전도 YB-CO 박막의 설계파라미터 및 임계특성을 나타낸 것이다.

표 1. 고온초전도 YBCO 박막의 설계파라미터 및 임계특성

Parameter	Unit
직경	2 inch
스트립 폭	2 mm
전체 길이	420 mm
임계전류	18 A
임계온도	87 K

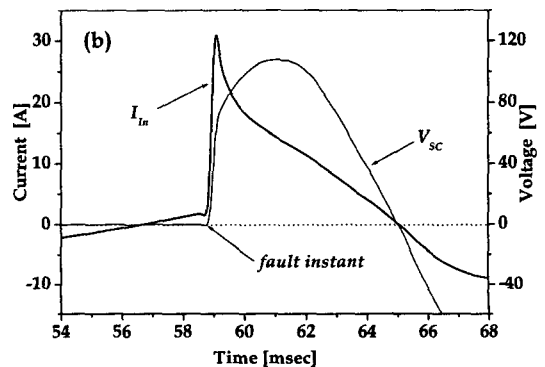
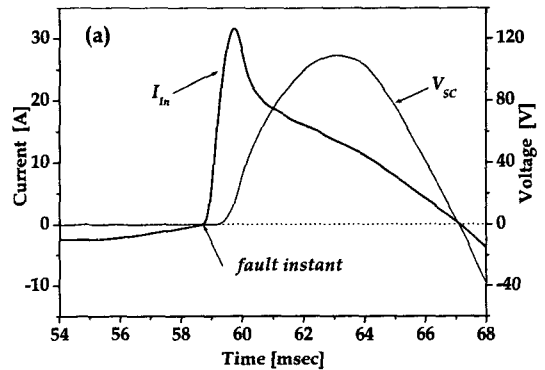
2.2 실험방법 및 원리

그림 1에서 스위치 S_1 을 닫아 회로에 전압을 인가하였다. 이때 회로에 흐르는 전류는 임계온도를 초과하지 않았기 때문에 고온초전도 소자 양단에는 전압이 유가 되지 않았다. 스위치 S_2 을 닫아 사고각(0° , 45° , 90°)을 달리하여 단락사고를 발생시켰다. 사고각을 0° , 45° , 90° 로 설정한 이유

는 단상교류 전압을 인가하였으므로 나머지 영역에서는 대칭성을 보이기 때문이다. 사고 주기는 현 전력계통의 차단기가 5주기 안에 작동하는 것을 고려하여 5주기로 설정하였다. 사고전류가 임계전류를 초과하면 초전도 소자에 켄치가 발생되고 소자 저항(R_{sc})이 발생되어 이로 인해 전압(V_{sc})이 유기된다. 이때 사고각에 따른 소자 양단 전압(V_{sc})과 저항(R_{sc}) 변화를 측정하였다. 또한 사고각에 따라서 회로에 흐르는 전류 변화를 측정하여 전류제한 동작을 살펴보았다.

3. 결과 및 고찰

그림 2는 사고각(0° , 45° , 90°)을 달리하여 사고를 발생시킨 후 첫 번째 피크가 나타나는 반주기 동안 전류전압의 특성을 나타낸 그림이다. 그림 2의 (a), (b), (c)에서 나타나듯 사고각이 증가할수록 회로에 흐르는 전류(I_{in})가 첫 번째 피크 점에 빨리 도달하는 것을 볼 수 있다. 초전도소자 양단 사이의 전압(V_{sc}) 또한 첫 번째 피크점에 도달하는 시간은 사고각이 증가할수록 전류에 비해 보다 감소됨을 관찰 할 수 있다.



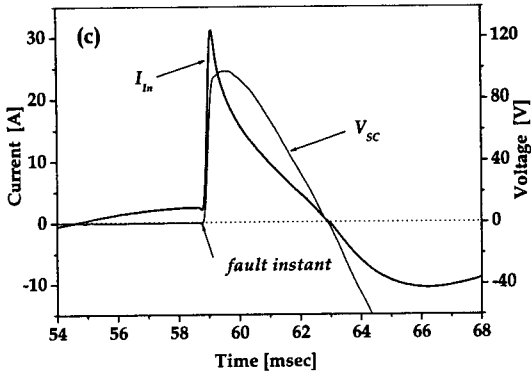


그림 2. 사고 각에 따른 전류전압 특성.
(a) 0° 사고, (b) 45° 사고, (c) 90° 사고

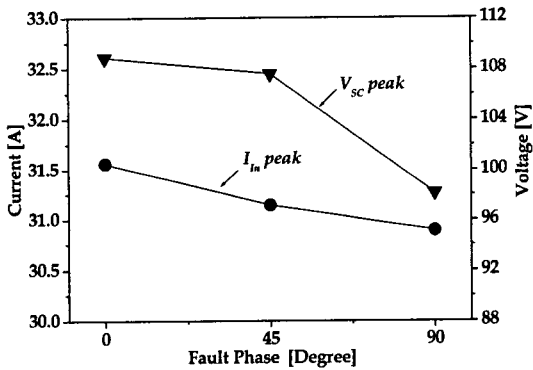


그림 3. 사고각에 따라 도달되는 첫 번째 피크크기

그림 2에서 본바와 같이 사고각이 증가할수록 회로에 흐르는 전류(I_{in})와 소자 양단사이의 전압(V_{sc})의 첫 번째 피크 크기는 점차 감소되는 것을 확인할 수 있으며 이를 그림 3에 나타내었다.

그림 4는 전류(I_{in})와 소자양단 전압(V_{sc})은 사고 발생 후 첫 번째 피크점 까지 도달되는 시간을 나타낸 것이며 그림4에서 예상할 수 있는 것처럼 사고 후 도달되는 피크값이 작아질수록 도달되는 시간이 감소되는 것을 확인할 수 있다.

그림 4와 5에서 dI_{in}/dt 와 I_{in} 을 살펴보면 사고각에 따른 켄치 속도와 피크점 도달 시간 사이에 밀접한 관계가 있음을 알 수 있다. 즉, 사고각이 크면 켄치 속도가 커지고 피크점 도달시간이 짧아지는 것을 볼 수 있다. 결국 사고각이 증가할수록 보다 신속한 사고전류 제한이 이루어진다는 것을 보여준다.

그림 6은 사고각에 따른 초전도 소자에 발생하는

저항과 소자에서 소비하는 전력을 사고 5주기동안 나타낸 것이다. 그림 6의 (a), (b), (c)에서 저항(R_{sc})과 소모 전력은 I_{in} 이 초전도소자의 임계전류(I_c)를 넘어 서면서부터 나타나게 되므로 사고각의 크기에 따라 발생하는 시점이 다르다.

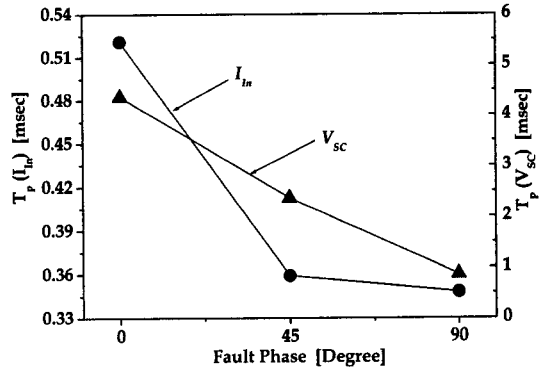


그림 4. 사고각에 따른 첫 번째 피크 도달시간

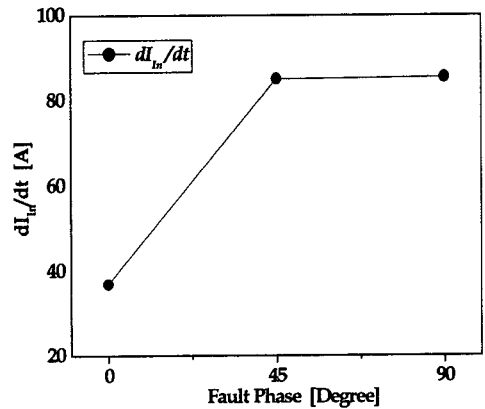
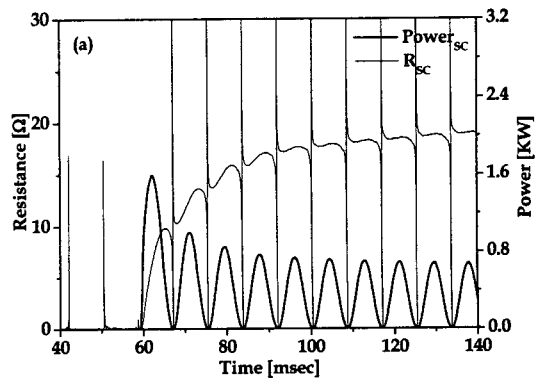


그림 5. 사고각에 따른 선로전류 증가량



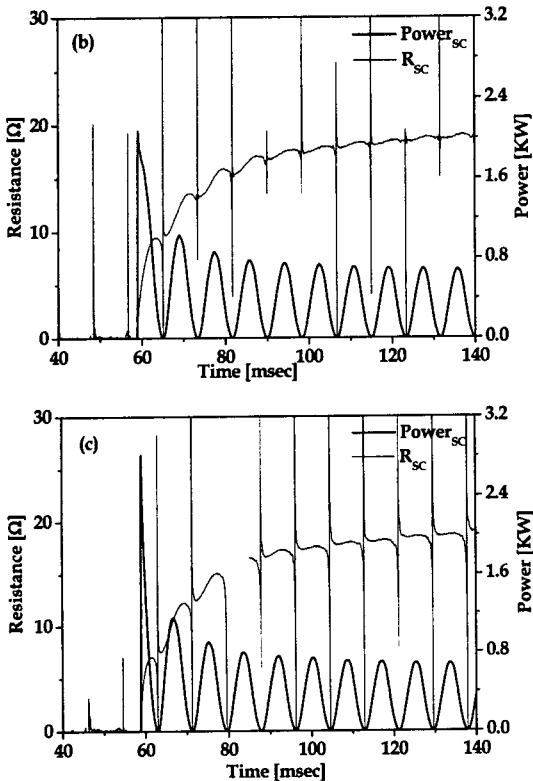


그림 6. 사고각에 따른 저항과 소모전력
(a) 0° 사고시 (b) 45° 사고시 (c) 90° 사고시

또한, 그림 6에서는 사고각이 증가함에 따라 소모 전력의 크기도 현저하게 증가하는 것을 볼 수 있다. 소모 전력의 증가는 초전도소자에 무리한 부담을 줄 수 있다. 결국 사고각의 증가는 보다 신속한 사고전류를 제한하는 이점이 있지만 초전도소자의 전력 부담을 증가시킬 수 있음을 보여준다.

4. 결론

본 논문에서는 저항형 고온초전도 전류제한기의 사고각에 따른 전류제한 특성을 실험을 통해 비교 분석하였다. 분석 과정을 통해 사고각의 크기가 증가함에 따라 보다 신속한 사고전류를 제한할 수 있음을 분석할 수 있었으며 사고각의 증가는 초전도소자의 부담을 증가시킬 수도 있다는 것을 확인할 수 있었다. 이것은 저항형 고온 초전도전류제한기 실험에서 소자의 용량 설정 시 90° 사고시 용량을 고려해야함을 보여준다.

향후, 사고각에 따른 저항 발생의 물리적인 메커

니즘에 대해 분석하고자 한다.

참고 문헌

- [1] 김준환, 이강완, "전력계통, 고장전류 증대와 대응방안", 전기저널, p.19-31, 1998
- [2] E.Thuries, V.D. pham, Y. Laumond T.Verhaege, A. fevrier, M. Collet and M.Bekhaled, " Towards the Superconducting fault current limiter", IEEE Trans. on Power Del., Vol 6, p.801-808, 1991.
- [3] W. paul, J. Th Baumann, and F. Platter. "Fault Current Limiters Based on High Temperature Superconductor", Inst. Conf Ser. No. 148, p.73-78, 1995.
- [4] Lembit Salasoo, "Comparison of superconducting fault limiter concept in electric utility applications", IEEE Trans. on, Appl. Supercond., Vol.5, p.1079-1082, 1995.
- [5] 김혜림, 현옥배, 최효상, 황시돌, 김상준, "저항형 초전도 한류기에서의 켄치 전파", 한국 전기전자 재료학회 논문지. 제 13권, 4호, p.337-342. 2000