

저항형 고온 초전도 전류제한기의 저항변화 분석

박형민, 최효상, 임성훈¹, 박충렬², 한병성³, 정현상, 최창주, 현옥배⁴, 정동철⁵
조선대학교 전기공학과, ¹전북대학교 공업기술연구소, ²전북대학교 전자정보공학부,
³한전전력연구원, ⁴우석대학교 정보통신공학부

Analysis of resistance variance of Resistive type high-T_c superconducting fault current limiter

Hyoung-Min Park, Hyo-Sang Choi, Sung-Hun Lim¹, Chung-Ryul Park², Byoung-Sung Han³,
Hun-Sang Chung, Chang-Joo Choi, Ok-Bae Hyun⁴, Dong-Chul Chung⁵.
Chosun Uni., ¹Research center of Industrial Technology, Engineering Research Institute, ²Chonbuk Uni.
³Power System Laboratory, Korea Electric Power Research Institute, ⁴Woosuk Uni.

Abstract

Superconducting fault current limiter(SFCL) is expected to be introduced into electric power system in future as an effective countermeasure for the increase of the short-circuit current due to the growth of the electric power system. SFCL has a merit that the fault current can be limited by the resistance generated when a superconductor transits from a superconducting state to a normal state without additional detecting device. In this paper, we investigated the resistance variance of resistive type SFCL and the fault current limiting characteristics due to the amplitude of source voltage. We could obtain the more effective fault current limiting characteristics of SFCL as the source voltage increased.

Key Words : supeconducting fault current limiter(SFCL), resistive type, fault current limiting characteristics, source voltage

1. 서론

전력수요 및 전원설비의 증가는 계통 임피던스의 감소를 야기하기 때문에 사고시 고장전류의 크기는 점점 증가하고 있다. 이에 대한 대책으로는 차단기교체, 모선분리, 고임피던스 기기채용, 직렬 리액터설치, 퓨즈설치 등 다양한 방법이 있으나. 비용상승, 손실 발생, 계통의 안정도 저하등 많은 문제점이 있다 [1]. 초전도 전류제한기는 이러한 문제점을 해결할수 있는 신개념의 보호기기이며 사고전류의 대한 빠른 동작 및 회복시간과 환경친화적이며 수명이 반영구적인 장점 때문에 이에 대한 많은 연구가 활발히 진행되고 있다 [2]-[5]. 개

발된 초전도 전류제한기는 크게 켄치형과 무켄치형으로 나눌 수 있으며 켄치형은 다시 저항형과 유도형으로 나눌수 있는데 그 중에서도 저항형 전류 제한기는 구조 및 원리가 간단하고 소형화 할수 있는 장점이 있다. 그러나 저항형은 사고시 사고전류가 초전도체에 직접 흐르게 되므로 사고시 파손우려의 단점이 있고 제한 용량 향상을 위해 직렬 연결동작시 동시 켄치의 문제점도 있다 [6].

본 논문에서는 저항형 전류제한기의 용량증대를 위해 전원전압 크기를 증가시켰을때 이에 따른 고온초전도 소자의 저항변화와 사고전류 제한특성을 분석하였다. 분석결과로부터 전원전압 크기가 증가

함에 따라 저항형 고온초전도 전류제한기의 전류 제한특성이 더욱 향상됨을 확인할 수 있었다.

2. 실험 구성 및 원리

초전도 전류제한소자를 이용한 저항형 전류제한기의 회로도도 그림 1에 나타내었다. 그림에서 V_0 는 전원전압이고 S_1 은 전원을 공급하고 차단하는 스위치이며 R_0 는 전류변화를 측정하기 위한 표준 저항이며 SFCL은 저항형 초전도 전류제한소자를 나타낸다. 초전도체의 임계온도특성을 고려해 냉각기에 액체질소를 담겨진 상태로 실험을 하였다. R_L 은 부하저항, S_2 는 단락사고를 내기 위한 스위치를 나타낸다. 초전도 전류제한소자는 독일 THEVA사에서 제작한 직경 2인치 YBCO 박막을 이용하였다. 실험원리는 S_1 을 닫아 전원전압을 인가하고 정상전류가 흐를때에는 초전도 소자의 영 저항 특성으로 전압이 발생하지 않지만 S_2 를 닫아 단락사고를 발생하면 초전도 소자에 임계전류를 넘는 전류가 소자에 흐르게 되면 저항이 생겨 빠른 시간내에 전류를 제한한다. 이때 직렬저항 R_0 은 1 Ω , 단락사고를 내기 위한 부하저항 R_L 은 50 Ω 이고 전압은 50V_{rms}, 70V_{rms}, 90V_{rms}, 120V_{rms}의 각각 다른 전압을 인가하였다. 현 전력시스템의 차단기가 5주기 안에 작동하는 것을 고려해 5주기동안만 전압을 인가해 회로도에 무리하게 전류를 흐르지 않게 보호하였다.

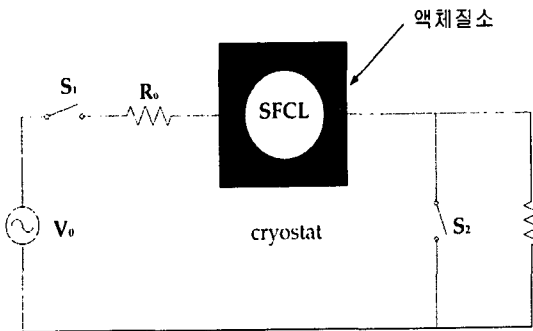
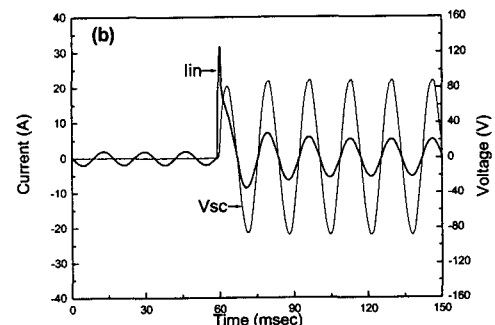
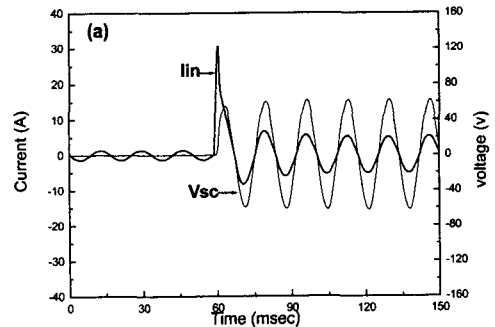


그림 1. 저항형 전류제한기의 실험 회로도.

Fig 1. Experiment circuit of resistive type current fault limiter.

3. 실험 결과 및 분석

그림 2는 저항형 전류제한기의 전원전압 크기에 따른 사고전류제한 특성을 보여주고 있다. 그림에서 보는바와 같이 단락사고를 발생하였을때 전류가 빠른시간내에 제한되어 안정적인 파형으로 변하는 것을 볼수가 있다. 그림 3에서 각 전압 크기에 따른 전류 피크값은 50V_{rms}일때 30.5A_{peak}, 70V_{rms}일때 31.5A_{peak}, 90V_{rms}일때 32.5A_{peak}, 120V_{rms}일때 33.5A_{peak}의 값을 가졌다. 우리는 여기서 각 전원전압에 따른 전류의 피크값이 선형적으로 증가하는 것을 볼수가 있었다. 이 특징은 전원전압이 증가함에 따라 저항형 전류제한기의 전류피크값이 선형적으로 증가한다는 것을 예측할수 있다. 초전도 소자에 발생하는 전압은 첫주기보다 두번째 주기의 전압크기가 더 크고 두번째 주기부터 안정적으로 일정한 크기를 갖게 됨을 볼수가 있다. 또 전원전압의 크기가 증가함에 따라 소자에서 발생하는 전압은 더욱 큰 차이로 증가하는 것을 확인할 수 있다



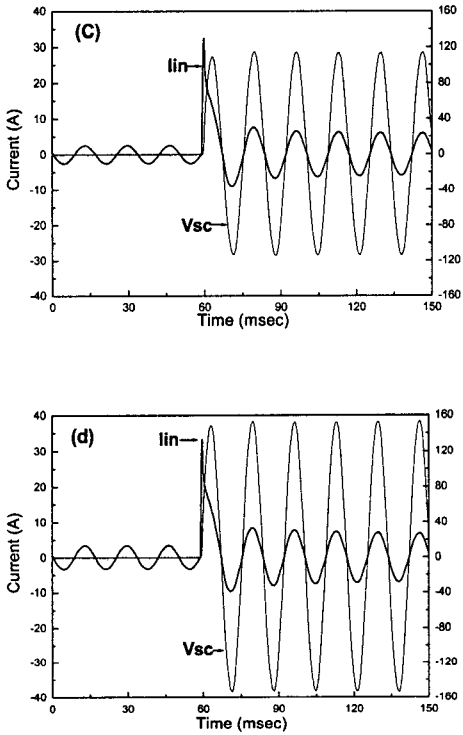


그림 2. 전원전압 크기에 따른 사고전류제한 특성
 (a) 50V_{rms}(b) 70 V_{rms} (c) 90 V_{rms} (d) 120V_{rms}.
 Fig. 2. Fault current limiting characteristics dependent on the amplitude of source voltage.

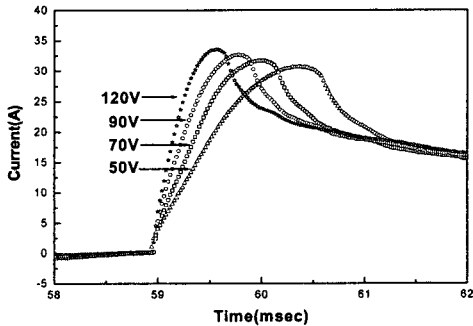


그림 3. 전원전압 크기에 따른 사고전류 피크값.
 Fig. 3. Current peak value dependent on source voltage amplitude.

실험한 자료를 바탕으로 사고발생과 동시에 사고 전류가 임계전류값을 넘기전의 기울기(변화량)와 임계전류값을 넘는 켄치시간을 계산하였으며 그림 4에 나타내었다. 그림 4(a)를 보면 알수 있듯이 전원전압크기가 증가함에 따라 기울기가 증가하는 것을 볼 수 있으며 이는 사고전류가 급격히 증가됨을 의미한다. 이때, 사고후 사고전류가 임계전류값을 넘는 시간이 그림 4(b)에서 보는 바와 같이 감소되는 것을 볼 수 있으며 이는 그림 4(a)의 결과와 일치됨을 볼 수 있다. 이로부터 전원전압이 증가함에 따라 사고전류가 증가되는데 이와 동시에 고온초전도소자의 켄치발생시간도 짧아져 사고 전류제한에 더욱 유리하게 작용함을 예측할 수 있다.

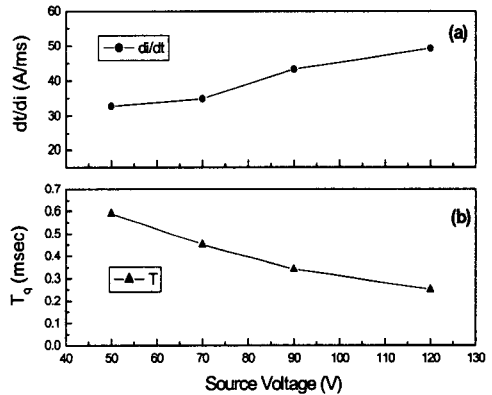


그림 4. 전원전압크기에 따른 di/dt와 켄치시간(T_q)
 (a) di/dt (b) T_q .
 Fig. 4. di/dt and quench time dependent on source voltage amplitude.

그림 2의 사고전류제한 실험으로부터 전원전압크기에 따른 소자의 저항변화곡선을 얻었으며 그림 5에 나타내었다. 그림 5에서 보면 소자의 저항은 전원전압이 증가함에 따라 증가하는 것을 볼 수 있다. 그림 6는 사고가 났을때 전류제한기가 5주기 안에 동작한다는 것을 감안하여 사고후각 전원전압의 5주기에서 소자의 저항값을 그래프로 나타낸 결과이다. 전원전압이 증가함에 따라 소자의 저항값이 일정한 크기로 수렴되는 것을 확인할 수 있으며 향후, 소자의 저항발생에 대한 물리적 메카니즘에 대한 분석을 수행하고자 한다.

참고 문헌

- [1] 김준환, 이강완, "전력계통, 고장전류 증대와 대응방안", 전기저널, pp. 19-31, 1998.
- [2] B. Gromoll, G. Ries, W. Schmidt, H-P Kraemer, B. Seebacher, B. Utz, R Nies and H-W, Neumueller, "Resistive fault current limiters with YBCO films-100 kVA functional model", IEEE Trans. Appl. Superconduct., vol. 9, no. 2, pp. 656-659, 1999
- [3] Hye-Rim Kim, Hyo-Sang Choi, Hae-Ryong Lim, In-Seon Kim and Ok-Bae Hyun, "Initial quench development in uniform Au/Y-Ba-Cu-O thin films", IEEE Trans. Appl. superconduct., vol. 11, pp. 2414-2417, mar. 2001
- [4] E. M. Leung, "superconducting fault current limiters" IEEE Power Eng. Rev., vol. 20, no. 8, pp. 15-18, 2000
- [5] T. Matsumura, T. Uchii and Y. Yokomizu, "Development of flux-lock-type fault current limiter with high-Tc superconducting element", IEEE Trans. Appl. Superconduct., vol. 7, no. 2, pp. 1001-1004, 1996
- [6] 현옥배, 최효상, 김혜림, 임해용, 김인선, "직렬 연결된 초전도 한류기의 분로저항에 의한 동작 특성", 전기학회 논문지, 49B권, 11호, pp. 737-740, 2000.

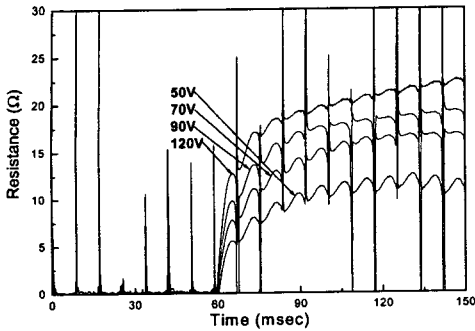


그림 5. 전원전압 크기에 따른 고온초전도 소자의 저항곡선.

Fig 5. Resistance curves of a element dependent source voltage amplitude.

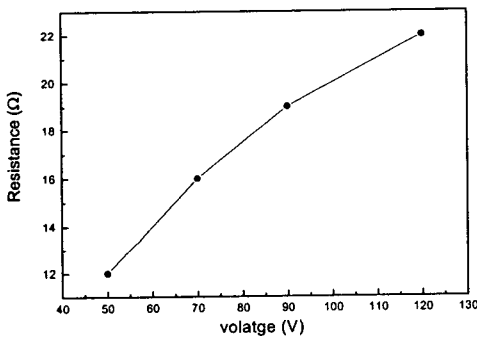


그림 6. 전원전압 크기에 따른 사고발생후 5주기 시 소자저항값.

Fig. 6. Resistance value of a element after five cycles from a fault instant dependent on source voltage amplitude.

4. 결 론

저항형 전류제한기의 전원전압크기에 따른 전류 제한특성을 실험 및 분석하였으며 전원전압크기가 증가함에 따라 임계전류값을 넘기직전의 선로전류의 기울기가 증가됨을 볼 수 있었고 이에 따라 켄치발생시간이 짧아짐을 볼 수 있었으며 사고후 5주기때 소자저항 크기도 증가함을 분석할 수 있었다. 또한 전원전압크기가 증가함에 따라 일정한 크기에 수렴됨을 예상할 수 있었다. 향후, 저항발생에 대한 물리적인 메카니즘에 대해 분석하고자 한다.