

선트리아クター의 자기결합유무에 따른 초전도전류제한기의 전류제한 및 회복특성 분석

(Analysis on Current Limiting and Recovery Characteristics of a SFCL Dependent on Magnetic Coupling of Shunt Reactors)

임성훈 · 안재민 · 김진석 · 문종필 · 김재철

(Sung-Hun Lim · Jae-Min Ahn · Jin-Seok Kim · Jong-Fil Moon · Jae-Chul Kim)

승실대학교 전기공학부

Abstract

The current limiting and recovery characteristics of a superconducting fault current limiter (SFCL) using shunt reactors were analyzed. Generally, the shunt reactor has a role to distribute the even voltage drop between high- T_c superconducting (HTSC) elements comprising the SFCL. However, the shunt reactors magnetically separated was not contributed to the equal voltage distribution between the HTSC elements. Through the experiments for the SFCL with both the magnetically coupled and magnetically uncoupled shunt reactors, the magnetically coupled shunt reactors were confirmed to improve the current limiting and recovery characteristics of the SFCL.

1. 서론

초전도 전류제한기의 용량증대를 위해서는 단위초전도 소자들의 직·병렬연결이 필수적이다. 하지만, 단위초전도 소자들간의 직렬연결시 초전도 소자들간의 미세한 임계전류차이는 단위초전도 소자들사이에 불균일한 전압분담을 초래하게 되어 전압용량을 증가시키는데 장애가 되고 있다[1-4]. 이를 해결하기 위한 방안으로 자기장을 인가하는 방법, 다수의 2차권선을 갖는 변압기를 이용하는 방법, 선트저항을 이용하는 방법 등 다양한 방안들이 제시된 바 있다[3-6].

본 논문에서는 선트리아क्टर를 이용하여 제한기를 구성하는 단위초전도소자들의 균일한 전압분배를 유지할 수 있는 방안을 제시하고자 한다. 하지만, 선트리아क्टर를 이용할 경우, 선트리아क्टर간의 자기결합여부가 초전도 소자들간의 균일한 전압분담효과에 영향을 주게 된다.

이에 대한 분석을 위해 초전도 소자와 선트리아क्टर로 구성된 실험회로를 이용하여 모의단락실험을 수행하였다. 모의단락실험으로부터 전류제한과 회복특성에 대한 분석을 통해 자기적으로 결합된 선트리아क्टर를 이용할 경우에 초전도 소자들간의 균일한 전압분담을 유지하는데 보다 효과적임을 확인할 수 있었다.

2. 본론

2.1. 구조 및 동작원리

자기적으로 결합된 선트리아क्टर를 이용한 초전도 전류제한기의 등가회로는 그림 1과 같으며 각각의 초전도 소자에 연결된 선트리아क्टर는 하나의 철심에 연결된 구조를 갖는다.

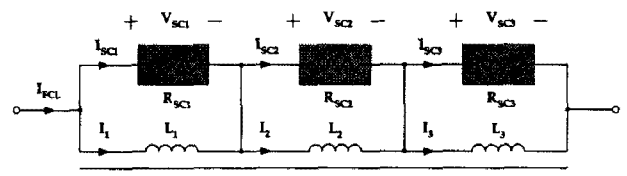


그림 1. 선트리아क्टर를 이용한 초전도 전류제한기의 등가회로.

Fig. 1. Structure of a SFCL using shunt reactors.

평상시에는 초전도 소자들로 전류가 흐르게 되며 단락고장이 발생하게 되어 초전도 소자의 퀵치가 발생될 경우 선트리아क्टर로 일부전류가 흐르게 되며 선트리아क्टर들간의 자기적인 결합이 이웃한 초전도 소자들간의 전압부담을 동일하게 유지시켜주게 된다.

2.2. 실험장치 구성

그림 2는 전원과 부하를 연결하여 구성된 모의 단락실험 구성도를 보여준다. 선트리액터를 동일 철심에 설치하여 자기적으로 결합된 경우와 개별철심에 설치하여 자기적으로 분리된 경우에 대해 실험을 실시하였으며, 실험에 사용한 초전도 소자들의 임계전류값은 각각, 21 A, 21.3 A, 22 A 였다. 단락사고 모의는 SW1을 투입한 후 SW2을 주어진 사고주기동안 투입하여 실시하였으며, 다시 SW2을 일정주기동안 개방시켜 각 선트리액터와 초전도 소자에 흐르는 전류와 초전도 소자 양단전압을 측정하여 전류제한과 회복특성을 분석하였다.

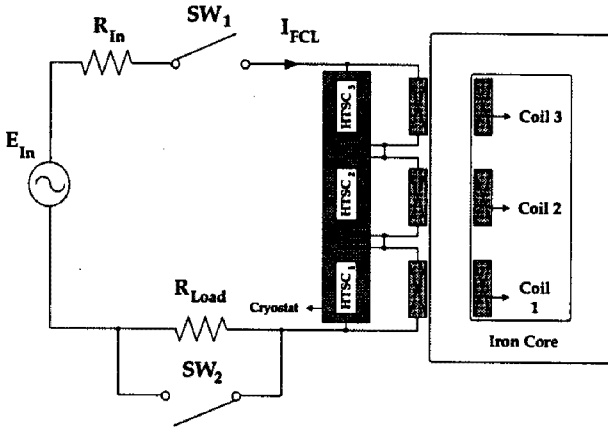


그림 2. 선트리액터를 이용한 초전도 전류제한기의 실험회로 구성도.

Fig. 2. Experimental circuit of SFCL using shunt reactors.

2.3. 결과 및 고찰

선트리액터의 자기결합에 따른 초전도전류제한기의 전류제한과 회복특성을 비교하기 위해 우선 자기적으로 분리된 선트리액터를 이용한 경우에 대해 전류제한 및 회복특성을 분석하였다. 그림 3은 자기적으로 분리된 선트리액터를 이용한 초전도 전류제한기의 전류제한 및 회복특성을 보여준다. 그림에서 보는 바와 같이 자기적으로 분리된 선트리액터를 이용할 경우 각 초전도 소자들의 임계전류차이로 인한 전압불균일을 완화시키지 못하는 것을 볼 수 있다. 또한, 사고시 각 초전도 소자의 불균일한 전압발생은 사고제거시 회복시간이 다르게 나타나는 것을 볼 수 있다. 회복시간이 길게 나타남에 따라 부하전압에서도 사고가 제거된 후 사고전의 전압으로 회복되기까지 약 2주기의 시간이 걸리는 것을 분석할 수 있다.

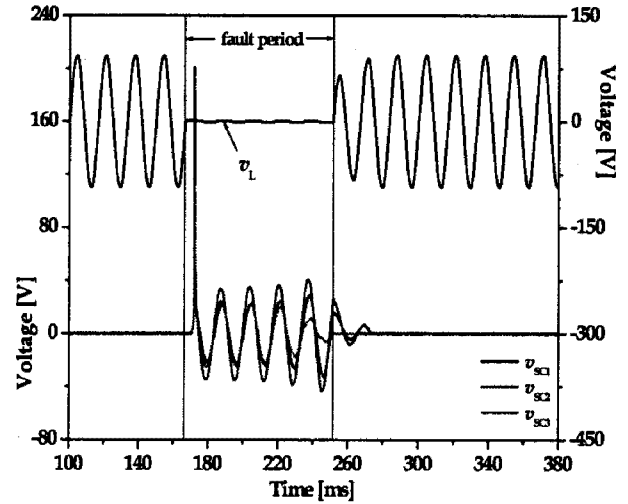


그림 3. 자기적으로 분리된 선트리액터를 이용한 초전도 전류제한기의 전류제한 및 회복 특성.

Fig. 3. Current limiting and recovery characteristics of a SFCL using shunt reactors magnetically separated.

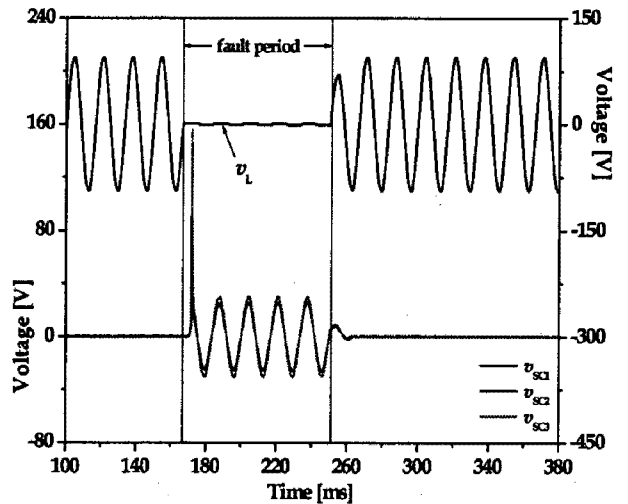


그림 4. 자기적으로 결합된 선트리액터를 이용한 초전도 전류제한기의 전류제한 및 회복 특성.

Fig. 4. Current limiting and recovery characteristics of a SFCL using shunt reactors magnetically coupled.

반면에 자기적으로 결합된 선트리액터를 이용한 경우 초전도 소자들에 유기된 전압이 거의 균일하게 발생하는 것을 그림 4로부터 확인할 수 있다. 각 초전도 소자들에 균일한 전압발생은 사고가 제거된 후에도 회복시간을 단축시켜주게 되어 사고제거후 부하전압도 사고전의 값으로 1 주기뒤에 회복되는 것을 볼 수 있다.

위의 결과로부터, 초전도 전류제한기의 용량증대를 위해 선트리액터를 이용할 경우엔 본 논문에서 제안한 바와 같이 하나의 철심을 매개로 선트리액터를 자기적으로 결합하여 구성한다면 초전도소자들의 전력부담을 동일하게 유지하여

보다 효과적으로 제한기의 용량증대를 구현할 수 있음을 확인할 수 있었다.

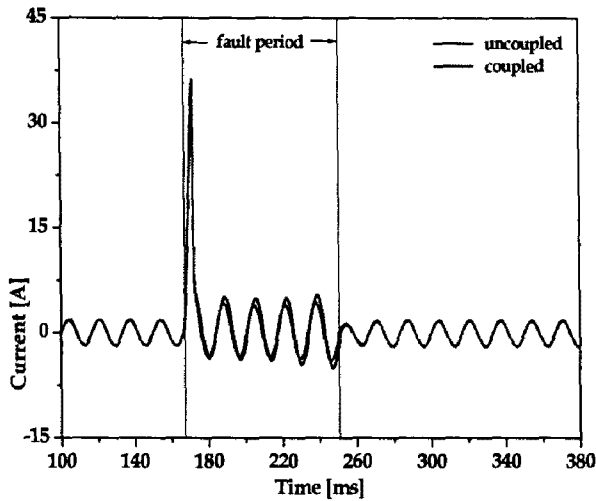


그림 5. 션트리액터를 이용한 초전도 전류제한기의 선로전류 파형.

Fig. 5. Line current waveforms of a SFCL using shunt reactors.

그림 5는 자기적으로 분리된 션트리액터를 이용한 경우와 자기적으로 결합된 션트리액터를 이용한 경우의 선로전류파형을 보여준다. 그림에서 보는 바와 같이 자기적으로 결합된 션트리액터의 경우에 전류제한율이 보다 크게 이루어지는 것을 비교할 수 있다.

위에서 분석한 바와 같이 초전도 전류제한기의 용량증대를 위해 션트리액터를 이용할 경우 초전도 전류제한기에 의한 고장전류제한과 초전도 전류제한기의 회복측면에서 자기적으로 결합된 션트리액터를 이용할 경우에 보다 유리함을 본 논문의 실험결과 분석을 통해 확인할 수 있었다.

3. 결론

본 논문에서는 용량증대를 위해 초전도 전류제한기를 구성하는 초전도 소자들의 동시켄치를 유도하기 위한 방안으로 션트리액터를 이용한 결과에 대해 분석하였다. 자기적으로 분리된 경우와 결합된 경우에 모의단락실험을 통해 전류제한과 회복특성을 비교분석하였다. 비교분석을 통해 자기적으로 결합된 션트리액터를 이용할 경우 초전도소자간의 균일한 전압부담을 유도할 수 있었으며, 고장전류제한과 제한기 회복측면에서 유용한 방안이 될 수 있음을 확인할 수 있었다.

참고 문헌

- [1] B. Gronoll, G. Ries, W. Schmidt, H.-P. Kraemer, B. Seebacher, B. Utz, R. Nies, H.-W. Neumueller, E. Baltzer, and S. Fischer, "Resistive Fault Current Limiters with YBCO films - 100 kVA Functional Model," *IEEE Trans. on Appl. Supercond.*, vol. 9, no. 2, pp. 656-659, June 1999.
- [2] H. Kramers, W. Schmidt, B. Utz, and H. Neumueller, "Switching behavior of YBCO thin films conductors in resistive fault current limiter," *IEEE Trans. on Appl. Supercond.*, vol. 13, no. 2, pp. 2044-2047, June 2003.
- [3] O. B. Hyun, S. D. Cha, H. R. Kim, H. S. Choi, and S. D. Hwang, "Shunt-Assisted Simultaneous Quenches in Series-Connected Resistive SFCL Components," *IEEE Trans. on Appl. Supercond.*, vol. 13, no. 2, pp. 2060-2063, June 2003.
- [4] K. B. Park, J. S. Kang, B. W. Lee, I. S. Oh, H. S. Choi, H. R. Kim, and O. B. Hyun, "Quench Behavior of YBaCuO Films for Fault Current Limiters Under Magnetic Field," *IEEE Trans. on Appl. Supercond.*, vol. 13, no. 2, pp. 2092-2095, June 2003.
- [5] S. H. Lim, Y. S. Cho, H. S. Choi, and B. S. Han, "Improvement of Current Limiting Capability of HTSC Elements in Hybrid Type SFCL," *IEEE Trans. on Appl. Supercond.*, vol. 17, no. 2, pp. 1807-1810, June 2007.
- [6] S. H. Lim, and H. S. Choi, "Quench characteristics of HTSC elements in series-connected flux-lock type SFCLs through magnetic flux-linkage," *Physica C*, vol. 445-448, pp. 1073-1077, Oct. 2006.