

직렬연결된 자속구속형 초전도 사고전류 제한기의 사고전류제한 특성

(Fault Current Limiting Characteristics of Series Connected Flux-Lock Type Superconducting Fault Current Limiters)

임성훈 · 김재철
(Sung-Hun Lim · Jae-Chul Kim)
송실대학교 전기공학부

Abstract

To apply the flux-lock type SFCL into power system, its current and voltage ratings are required to increase. Especially, in case of series connection of SFCLs, the countermeasure for simultaneous quenches must be considered. The structure, which each flux-lock type SFCL unit was wound in series on the same iron core, can induce the simultaneous quench of superconducting elements. Through the fault current limiting experiment for the suggested structure, it was confirmed that the even voltage burden among the superconducting elements comprising SFCLs could be made.

1. 서론

자체 사고전류 검출기능과 함께 고속동작 때문에 고온초전도 전류제한기가 주목을 받고 있으며, 특히 용량초과가 예상되는 기존의 차단기와 함께 동작할 경우, 기기교체에 따른 비용감소는 물론 장치의 소형화, 계통안정 및 환경친화등의 잇점으로 세계 선국각국에서는 실제계에 적용하여 그 우수성을 보고한 바 있다 [1-2].

초전도 사고전류제한기를 실제계에 적용하기 위해서는 단위 초전도 소자들의 직병렬연결을 통한 용량증대가 요구되고 있으나, 특히 직렬연결시 소자들간의 전력불균일이 발생하게 되며 동시퀀치를 유도하기 위한 방안이 요구되고 있다 [3-4].

본 논문에서는 직렬연결된 자속구속형 초전도 사고전류제한기의 동시퀀치유도 방안에 대해 조사하였다. 이를 위해 고온초전도 소자와 리액터로 구성된 실험회로를 이용하여 모의단락실험을 수행하였다. 모의단락실험으로부터 사고전류제한 동작에 대한 분석을 통해 동시퀀치특성을 확인하였다. 또한, 직렬연결된 단위초전도소자들의 사고전류제한특성과 비교하였다.

2. 본론

2.1. 구조 및 동작원리

제작한 동시퀀치유도를 위한 자속구속형 초전도 사고전류제한기의 구조는 그림 1과 같이 하나의 철심에 두 코일과 초전도 소자로 구성된 단위 자속구속형 제한기가 직렬로 연결된 구조를 갖는다.

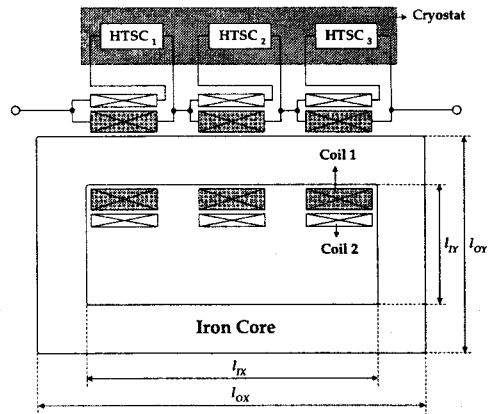


그림 1. 동시퀀치유도를 위한 자속구속형 초전도 사고전류제한기 구조.

Fig. 1. Structure of a flux-lock type SFCL for induction of simultaneous quench.

동작원리는 크게 사고전과 사고후로 나누어 기술할 수 있다. 사고전, 즉 정상시에는 각 단위제한기에 연결된 초전도 소자는 초전도상태에 있

기 때문에 각 코일에서 유기되는 자속은 상쇄되어 각 코일에 유기되는 전압은 제로를 유지하게 된다. 사고가 발생할 경우, 임계전류가 작은 초전도 소자에서 먼저 켄치가 발생하게 되며, 이를 포함한 제한기의 철심내부에서 자속이 먼저 발생하게 된다. 발생한 자속은 켄치가 발생되지 않은 이웃한 제한기를 구성하는 초전도 소자의 켄치를 야기하게 된다. 이와 같은 과정을 통해 전체 초전도 소자들의 켄치를 야기하게 되며 발생한 철심내부의 자속으로 균일한 전력을 부담하게 된다.

2.2. 실험장치 구성

모의단락실험을 위한 실험장치는 그림 2와 같이 전원과 부하를 연결하여 구성하였다. 실험에 사용한 초전도 소자들의 임계전류값은 약 24 A 였다. 단락사고 모의는 SW1을 투입한 후 SW2을 주어진 사고주기동안 투입하여 실시하였으며, 각 코일에 흐르는 전류와 고온초전도 소자양단 전압을 포함한 각 코일의 유기전압을 측정하여 사고전류제한 특성을 분석하였다.

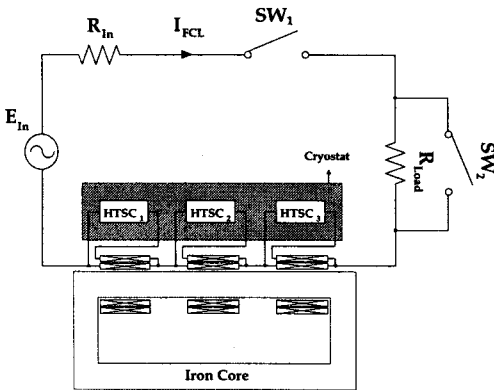


그림 2. 초전도 사고전류제한기의 모의단락실험 회로구성도.

Fig. 2. Experimental circuit of SFCL for simulated short-circuit.

2.3. 결과 및 고찰

그림 3은 직렬연결된 초전도 소자들의 모의단락전후 전압, 전류파형을 보여준다. 각 초전도 소자들의 임계전류값은 24 A로 비슷함에도 불구하고 사고발생후 유기되는 전압의 크기가 다르게 나타남을 볼 수 있다. 이는 인가전압을 증가시킬 경우 소자간의 전압불균형이 발생되어 사

고시 특정소자에 전력부담이 집중될 수 있음을 의미한다.

하나의 철심에 자속구속형 사고전류제한기를 직렬연결한 경우 단락사고발생시 자속구속형 사고전류제한기를 구성하는 초전도 소자들의 전압, 전류특성을 그림 4에 나타내었다. 앞서 동작원리에서 기술한 바와 같이 철심내부에 먼저 유기된 자속으로 초전도 소자들에 인가되는 전압과 통하는 전류크기가 거의 같은 크기로 나타남을 그림 4에서 확인할 수 있다. 따라서, 자속구속형 사고전류제한기의 용량을 증대시키기 위해서 본 논문에서 제안한 바와 같이 하나의 철심을 매개로 자속구속형 사고전류제한기를 직렬로 연결하여 구성한다면 초전도소자들의 전력부담을 동일하게 유지할 수 있음을 실험을 통해 확인할 수 있었다.

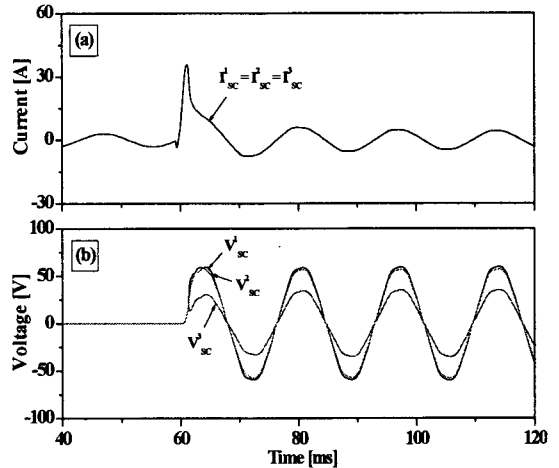


그림 3. 직렬연결된 초전도소자의 사고전류제한 특성.

Fig. 3. Fault current limiting characteristics of series connected superconducting elements.

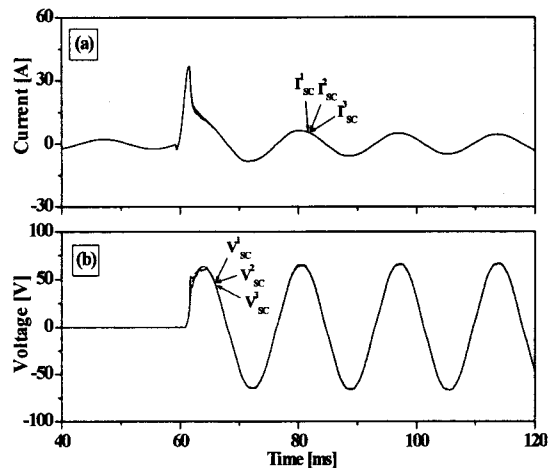


그림 4. 직렬연결된 자속구속형 초전도 사고전류 제한기를 구성하는 초전도 소자들의 사고 전류제한 특성.

Fig. 4. Fault current limiting characteristics of superconducting elements in series connected flux-lock type SFCLs.

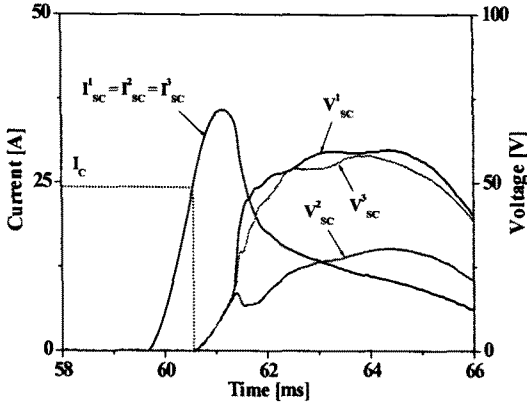


그림 5. 직렬연결된 초전도소자의 사고초기 전압 전류 파형.

Fig. 5. Initial voltage and current waveforms of series connected superconducting elements directly after fault occurrence.

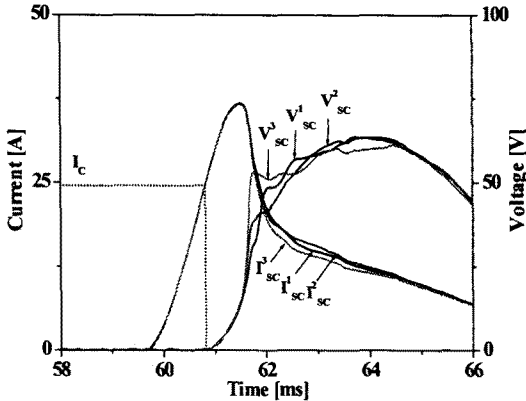


그림 6. 직렬연결된 자속구속형 초전도 사고전류 제한기를 구성하는 초전도 소자들의 사고 초기 전압 전류파형.

Fig. 6. Initial voltage and current waveforms of superconducting elements directly after fault occurrence in series connected flux-lock type SFCLs.

사고초기에 단위초전도소자들에서 유기되는 전압크기를 비교하기 위해 그림 3과 4에서 확대한 파형을 그림 5와 그림 6에 나타내었다. 단순 직렬 연결한 초전도 소자들인 경우 사고초기부터 불균일한 전압발생이 이루어지는 것을 볼 수 있는 반면, 본 논문에서 제안한 자속구속형 사고전류제한기의 경우 균일한 전압이 각 소자에 유기되는 것을 비교할 수 있었다.

위에서 분석한 바와 같이 자속구속형 초전도 사고전류제한기의 용량증대를 위한 방안으로 하나의 철심을 매개로 직렬연결로 구성한다면 초전도소자들의 전압부담을 균일하게 유지할 수 있음을 본 논문을 통해서 확인하였다.

3. 결론

본 논문에서는 용량증대를 위해 직렬연결된 자속구속형 사고전류제한기를 구성하는 초전도 소자들의 동시켄치유도 방안으로 동일철심을 매개로 단위 자속구속형 사고전류제한기를 직렬연결하는 방안을 제안하여 모의단락실험을 실시하였다. 분석을 통해 초전도소자들의 전압부담을 균일하게 유지하는데 유용한 방안이 될 수 있음을 확인할 수 있었다.

참고 문헌

- [1] V. D. Pham, Y. Laumoud, T. Verhaege, Fevrier, M. Collet, M. Bekhaled, "Towards The Superconducting Fault Current Limiter, IEEE Trans. on Appl. Supercond., Vol. 6, pp. 801-808 April 1991.
- [2] Lin Ye, LiangZhen Lin, Klaus-Peter Juengst, "Application Studies of superconducting Fault Current Limiters in Electric Power Systems", IEEE Trans. on Appl. Supercond., Vol. 12, No. 1, pp.900-903, Mar., 2002.
- [3] Sung-Hun Lim et al., "Current limiting characteristics of flux-lock type High-Tc superconducting fault current limiter with control circuit for magnetic field", IEEE Trans. on Appl. Supercond., Vol. 13, No. 2, pp.2056-2059, June, 2003.
- [4] Sung-Hun Lim et al., "Quench characteristics of HTSC elements in series-connected flux-lock type SFCLs through magnetic flux-linkage", Physica C, Vol. 445-448, pp.1073-1077, Nov., 2006.