

2차 권선을 직·병렬연결한 자속구속형 전류제한기의 켄치특성

(Quench Characteristics of a Flux-lock type SFCL with Secondary Windings Connected in Serial and Parallel)

박형민*, 조용선*, 최효상*, 오금곤*, 한태희*, 임성훈**, 황중선

(조선대학교*, 송실대학교**, 남도대학)

(Hyoung-Min Park*, Yong-Sun Cho*, Hyo-Sang Choi*, Geum-Kon Oh*, Tea-hee Han*, Sung-Hun Lim**, Jong-Sun Hwang)
(Chosun University*, Sungsil University**, Namdo University)

Abstract

We investigated the quench characteristics of a flux-lock type superconducting fault current limiter (SFCL) according to the number of the superconducting elements at the subtractive polarity winding of a transformer. The flux-lock type SFCL consists of the transformer with a primary winding and two secondary windings connected in parallel, and the superconducting element was connected with secondary winding in series, respectively. The applied voltage at that time was 200V. when two superconducting elements of the secondary winding was connected in parallel, the peak lie current increased up to 99A, while that flowing in a superconducting element in conventional flux-lock type SFCL showed 50A under the same conditions. the impedance of secondary winding under the same situation showed the opposite behavior. This enabled the parallel structure to be easy to increase the capacity of power system. in the meantime, The quench between two superconducting elements in the SFCL with two secondary windings connected in parallel was achieved simultaneously. While the quench-starting point was slightly different in the SFCL with two superconducting elements connected in series. We found that the parallel connection between the secondary windings increased the power capacity and let quench characteristics improve through their mutual linkage.

1. 서론

산업이 지속적으로 발전함에 따라 전력수요는 급격하게 증가하고 있고 이로 인해 현 전력계통은 복잡하고 증대된 전선망을 형성하고 있다. 이에 따른 전력설비 증설은 계통의 임피던스를 감소시키고 단락사고로 인한 고장전류의 크기는 점점 증가하고 있는 추세이다. 이러한 고장전류는 정상 상태 전류의 수십배에 이르게 되어 관련 전력설비를 파괴시킬 수 있는 뿐만 아니라 경제적으로 큰 손실과 전력공급의 신뢰성을 저하시키게 된다[1].

이런 고장전류 대책으로 여러 가지 방안이 시행되고 있고 그 중 모션 분리가 현실적으로 가장 많이 쓰이고 있으나 과부하 및 계통 안정도 저하 등의 큰 문제점이 있다[2][3]. 이러한 고장전류를 효과적으로 제한할 수 있는 초전도 한류기는 정상 상태에서 임피던스가 제로이고 사고시 원하는 크기의 임피던스를 발생시킬 수 있고 신속하게 사고감지 및 전류제한 할 수 있는 장점 때문에 다양한 종류의 초전도 한류기 연구가 세계적으로 활발하게 진행되고 있다[4][5][6][7].

초전도 한류기는 전류제한방식에 따라 크게 저항형과 유도형으로 분류할 수 있다. 저항형은 영저항 특성을 이용한 한류기로서 구조 및 원리가 간단하고 소형화 할 수 있는 반면 사고전류가 초전도 소자에 직접영향을 주기 때문에 초전도 소자 파손 우려가 있다. 유도형은 초전도 소자에 사고전류가 직접 흐르지 않으므로 초전도 소자 파손 우려가 적고 회복시간이 저항형 보다 빠르나 튜브나 링 형태의 초전도체를 이용하기 때문에 제작의 어려움과 철심 포화의 문제점이 있다. 본 논문에서 연구한 자속구속형 한류기는 고장전류가 코일과 소자에 양분되어 흐르기 때문에 고온초전도 소자의 부담을 적게하고 각 코일의 인덕턴스 비를 변화하여 초기 제한되는 전류를 조절할 수 있는 장점이 있다.

본 논문에서는 자속구속형 한류기의 허용 전압·전류 등급을 증가시키기 위해서 1, 2차측 권선을 감극 결선하고 초전도 한류소자를 직·병렬 연결하여 켄치 특성을 분석하였고 직렬 연결시 특성과 병렬연결시 특성을 비교분석하였다.

2. 본 론

2.1. 실험장치 구성

자속구속형 한류기의 실험회로도를 그림 1과 같이 나타내었다. 그림 1(a)의 1·2차측 회로의 인덕턴스(L_1 , L_2)는 각각 23.2 [mH], 1.27 [mH]이고 초전도 소자를 직렬 연결하여 실험하였다. 그림 1(b)는 1차측 회로의 인덕턴스(L_1)은 23.2 [mH] 2차측 코일에 초전도 소자를 직렬 연결하고 각각 병렬 연결하여 실험하였다. 2차측 회로(L_{2-1} , L_{2-2})의 인덕턴스는 각각 1.27 [mH], 1.27 [mH]로 같게 설정하였다. V_0 는 $200/\sqrt{3}$ [Vrms]로 전원전압을 인가하였고 R_0 은 전류변화를 측정하기 위한 1 [Ω]짜리 표준저항을 타내내며 부하저항 R_L 은 50 [Ω]으로 설정하였다. SW_1 을 닫아 전원전압을 인가하였고 SW_2 로 5주기 동안 0도 사고를 모의 하였다. 실험에 사용한 초전도 소자는 직경 2인치의 YBCO박막을 사용하였으며 전체 길이 420 [mm], 임계온도와 임계전류는 각각 87 [K], 19 [A]의 제원을 가지고 있다. 그림 2는 각 소자의 전류-전압관계를 나타내고 있다.

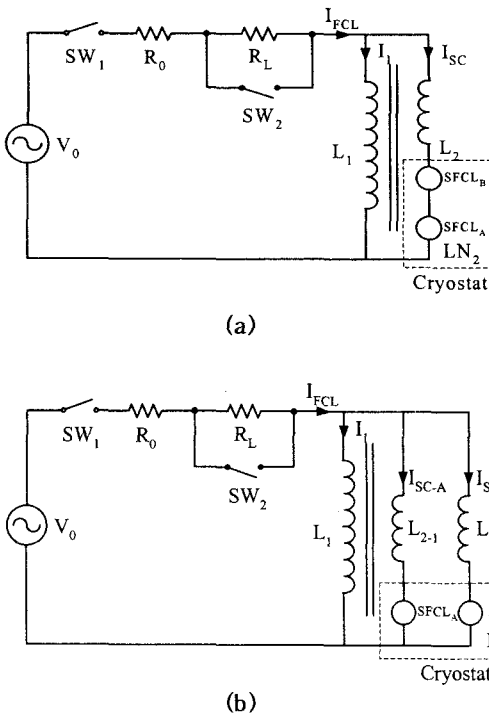


그림 1. 자속구속형 초전도 한류기 실험 회로도
(a) 직렬연결회로 (b) 병렬연결회로

Fig. 1. Experimental Circuit of a flux-lock type SFCL
(a) Serial (b) Parallel

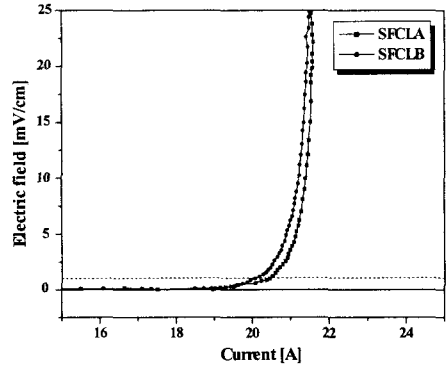


그림 2. 각 소자의 전류-전압 특성
Fig. 2. Voltage-current relation of the SFCLs

2.2. 측정결과

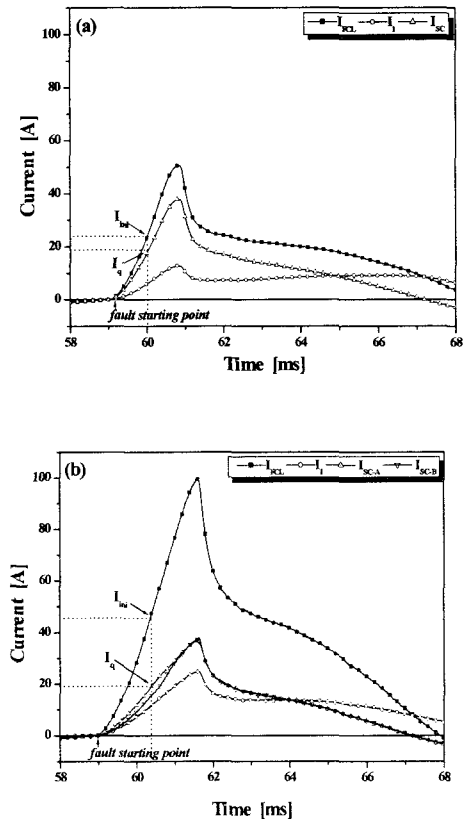


그림 3. 직·병렬 연결된 자속구속형 SFCL 전류파형
(a) 직렬연결회로 (b) 병렬연결회로

Fig. 3. The current waveforms of flux-lock type SFCL connected in serial and parallel
(a) Serial (b) Parallel

그림 3은 2개의 초전도 소자를 직·병렬 연결 하였을 시 자속구속형 한류기의 전류 파형을 나타 낸 것이다. 그림 3(a)의 직렬 연결시 선로전류 피크값이 50 [A_{peak}] 상승하지만 6 [ms] 안에 제한되는 것을 알 수 있고 사고 발생하여 초전도 소자에 전압이 발생하는 켄치시간은 1 [ms]인 것을 확인 할 수 있었다. 그림 3(b)의 병렬 연결시 선로전류 피크값은 99 [A_{peak}] 상승하지만 6 [ms]안에 제한되는 것을 알 수 있고 켄치시간은 1.4 [ms]인 것을 확인 할 수 있다. 병렬 연결시 직렬 연결시 보다 선로전류 피크값이 높은 이유는 직렬연결한 경우 소자의 임피던스가 2배로 증가하지만 병렬 연결한 경우 각 소자에 전류를 분배하여 부담을 적게 하지만 전체임피던스는 변함이 없음을 확인 할 수 있었다. 또한 직렬 연결시 더 신속하게 켄치가 발생하여 전류를 제한하는 것을 알 수 있었다.

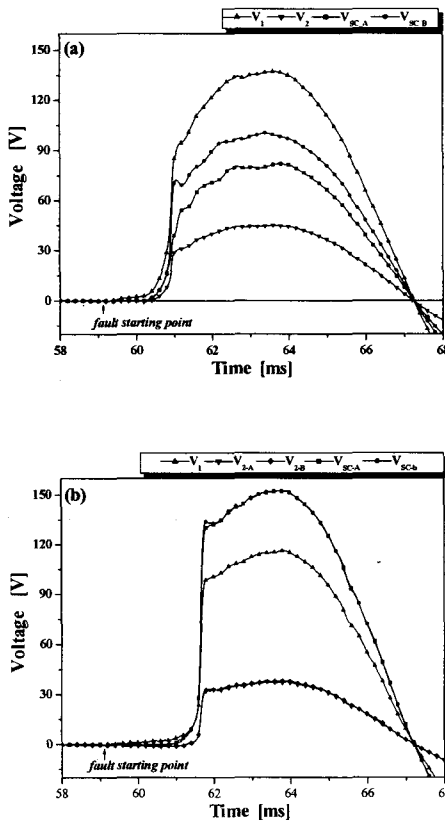


그림 4. 직·병렬 연결된 자속구속형 SFCL 전압파형
(a) 직렬연결회로 (b) 병렬연결회로
Fig. 4. The voltage waveforms of flux-lock type SFCL connected in serial and parallel
(a) Serial (b) Parallel

그림 4는 2개의 초전도 소자를 직·병렬 연결 하였을 시 자속구속형 한류기의 전압 파형을 나타내고 있다. 그림 4(a)의 직렬 연결시 소자 A(V_{SC-A})의 전압값은 81V, 소자 B(V_{SC-B}) 100 [V]로 전압분배의 불균형이 약간 존재하는 것을 알 수 있다. 그림 4(b)의 병렬 연결시 소자 A(V_{SC-A}), B(V_{SC-B})의 전압값은 152 [V]로 같음을 알 수 있었다. 이는 병렬 연결시 직렬 연결시 보다 전압분배의 불균형을 해소 할 수 있고 동시켄치에 유리함을 알 수 있었다.

3. 결론

본 연구에서는 자속구속형 초전도 한류기의 용량 증대를 위한 직·병렬 연결시 켄치특성을 비교 분석했다. 초전도 소자 2개를 직렬 연결시와 병렬 연결시 나누어 실험한 결과 선로전류 피크값은 직렬 연결시 더 작게 나왔는데 이는 병렬 연결시 보다 임피던스가 2배로 증가함을 알 수 있었고 병렬 연결시 전체 임피던스의 변화는 없음을 알 수 있었다. 초전도 소자의 전압값은 직렬 연결시 전압분배의 불균형이 약간 존재하지만 병렬 연결시 불균형을 해소 할 수 있고 동시켄치에 유리함을 확인할 수 있었다. 자속구속형 초전도 한류기의 용량증대를 하기 위해서는 초전도 소자의 직·병렬 연결은 필수적이고 설계시 직·병렬 연결의 각각의 특성을 고려하여 최적설계를 하여야 되겠다.

참 고 문 헌

- [1] 김영선, 이강완, "고장전류 저감을 위한 345kV 직렬리액터 설치검토", 전기저널, 1권 1호, pp. 37-57, 2000.
- [2] R. K. Smith, P. C. Slade, M. Sarkozi, E. J. Stacey, J. J. Bonk and M. Mehta, "solid state distribution current limiter and circuit breaker application requirements and control strategies" IEEE Trans. on Power Del., Vol. 8, No. 3, pp.1155-1164, July, 1993.
- [3] 임성훈, 최명호, 이현수, 한병성, "차폐유도형 고온초전도 전류제한기의 설계 및 특성 시뮬레이션", 전기학회논문지, 48권, 3호, pp.173-178, 1999.
- [4] 최효상, 현옥배, 김혜림, 황시돌, "15 kVA급 박막형 초전도 전류제한기의 한류특성", 전기전자재료학회논문지, 13권, 12호, pp.1058-1062, 2000.
- [5] Y. J. Tang, Y. Yokomizu, N. Hayakawa, T. Matsumura, H. Okubo and Y. Kito, "Current limiting level-time characteristic of a superconducting fault current limiter", Cryogenics, Vol. 35, No. 7, pp.441-446, July, 1995.
- [6] 이찬주, 이승재, 강형구, 배덕권, 안민철, 현옥배, 고태국, "30kVA급 유도형 고온초전도 한류기의 특성연구", 한국초전도·저온공학회논문지, 4권, 1호, pp.110-113, May 2002.
- [7] 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., to be published, 2003.