

자속구속형 한류기의 직병렬조합에 따른 전류제한특성

박형민, 조용선, 이주형, 정병익, 최효상, 최명호*
 조선대학교 전기공학과, 광주보건대학 의료공학과*

Current Limiting Characteristics of Flux-lock Type Superconducting Fault Current Limiter Using YBCO Films by Serial and Parallel Combinations

Hyoung-Min Park, Yong-Sun Cho, Ju-Hyoung Lee, Byung-Ik Jung Hyo-Sang Choi, , Myong-Ho Choi*
 Chosun University, Gwangju Health College*

Abstract - We investigated the current limiting characteristics of flux-lock type superconducting fault current limiter using YBCO films University, Gwangju health college. The flux-lock type SFCL consisted of the transformer with a primary winding and a secondary winding connected in parallel, and the superconducting element was connected with secondary winding in series or parallel. Serial and parallel connections of superconducting elements are necessary for the increase of voltage and current capacities when we intend to apply the flux-lock type SFCL

차권선의 턴수비는 182:36로 하였고 전원전압은 200V로 인가하였으며 소자 각각의 퀘치특성을 분석한 다음 소자4개를 직·병렬 연결하여 실험하였다.
 초전도 한류소자는 직경 2 inch의 Al₂O₃ 기판위에 성장된 두께 0.3 μ m의 YBa₂Cu₃O₇(YBCO) 박막을 이용하여 독일 THEVA사에서 제작하였다. 표 1은 초전도 소자의 제원과 이번 실험에 사용한 소자 A, B, C, D의 임계전류값을 보여주고 있다.

1. 서 론

현 국내 전력계통은 전력수요의 증가로 인하여 전력설비는 꾸준히 증가하고 있다. 이에 따라 사고시의 고장전류가 계속 증대되어 송전 계통내의 차단기들 중에 차단 내력을 초과하는 개수도 증가하고 있다. 따라서 사고가 발생하였을 시 고장전류를 안정적으로 제어할 수 없으므로 전기선로 및 송전계통상의 전력설비까지 제어할 수 영향을 줄으로써 그 피해가 막대할 거라 예상된다[1].

고장전류에 대한 대책으로 대용량 차단기 교체, 직렬 리액터 설치, 모선 분리 등 여러 가지 방법이 있으나 많은 문제점이 있다. 초전도 한류기는 정상운전시 임피던스가 발생하지 않으나 계통의 사고 발생시 부가적인 장치 없이 큰 임피던스를 발생하여 고장전류를 제한한다. 또한 환경 친화적이며 고장전류에 대한 빠른 동작 및 신뢰성 때문에 세계적으로 많은 연구가 활발하게 진행되고 있다[2-3].

본 논문에서는 자속구속형 한류기의 용량증대를 위하여 직·병렬 연결조합에 따른 전류제한 특성을 분석하였다.

2. 본 론

2.1 실험장치 구성 및 동작원리

그림 1은 초전도 소자4개의 직·병렬연결을 2가지 방법으로 조합한 실험회로도를 보여준다. V_s는 전원전압, R_{in}은 선로임피던스를 모의하기 위한 표준저항이며 R_L은 선로의 부하저항을 나타내고 있다. 1차권선과 2차권선을 감극으로 결선한 후 그림 1에서 스위치 SW₁을 닫아 회로에 전압을 인가했다. 회로에 흐르는 전류는 임계전류를 초과하지 않았기 때문에 자속구속형 고온초전도 한류기는 단락선로처럼 동작하게 된다. 스위치 SW₂를 닫아 단락사고를 발생시키면 고온초전도 소자에 흐르는 전류는 임계전류를 초과하게 되고 퀘치가 발생한다. 이때 회로에 흐르는 선로전류(I_{FCL}), 1차권선에 흐르는 전류(I₁), 초전도소자에 흐르는 전류(I_{SC}), 1,2차권선의 양단전압(V₁, V₂)과 초전도소자 양단전압(V_{SC})을 측정하였다. 1,2

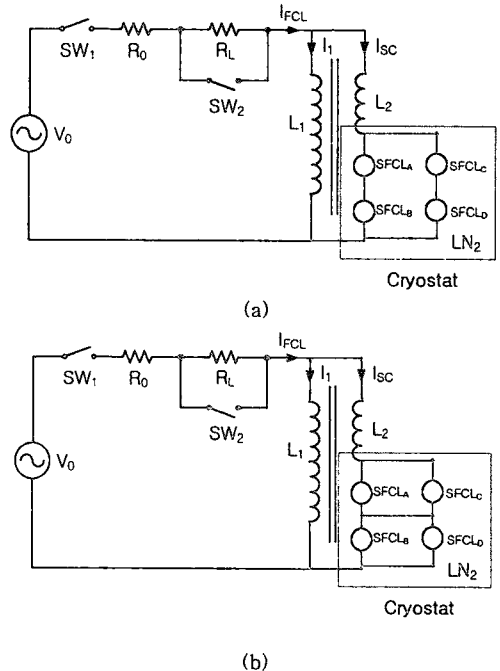


그림 1 자속구속형 한류기 직·병렬연결한 실험 회로도
 (a) 2x2 직렬우선조합
 (b) 2x2 병렬우선조합

표 1 초전도소자 임계전류값

구분	SFCL _A	SFCL _B	SFCL _C	SFCL _D
(I _C , A)	19.8	19.7	18.9	19.1

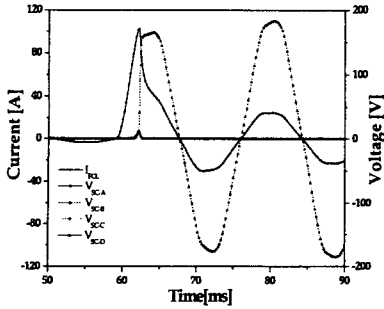


그림 2. 감극결선시 전류제한특성(2×2직렬우선회로)

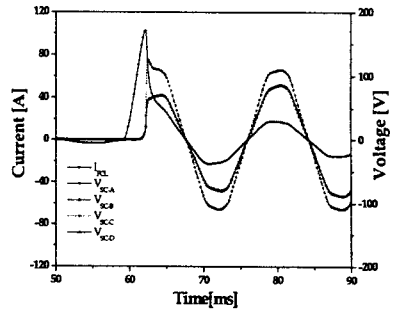


그림 4. 감극결선시 전류제한특성(2×2병렬우선회로)

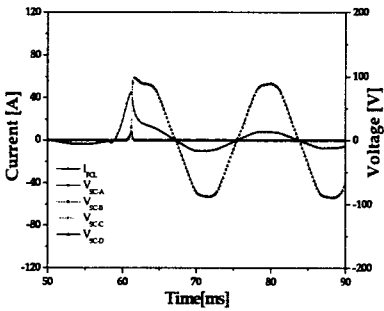


그림 3. 가극결선시 전류제한특성(2×2직렬우선회로)

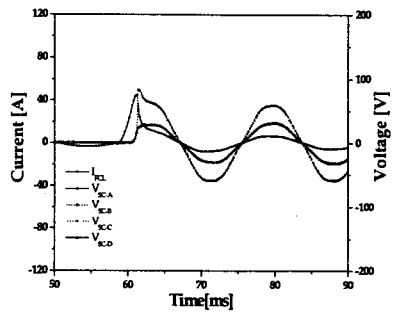


그림 5. 가극결선시 전류제한특성(2×2병렬우선회로)

2.2 실험결과 및 고찰

그림 2,3은 2×2직렬우선 직·병렬연결 조합에 따른 전류제한특성을 보여주고 있다. 그림 2를 보면 감극결선시 선로전류(I_{FCL})는 104A_{peak}까지 상승하여 1주기만에 24A_{peak}로 제한되는 것을 알 수 있다. 초전도 소자는 B, C만 동시켄치가 발생하였고 첫주기 때 피크값은 164V_{peak}이었고 두 번째 주기 때 182V_{peak}까지 상승하였다. 이는 직렬우선 직·병렬 연결하였을시 소자간의 켄치 특성·차이 때문에 A, B소자간에 B만 켄치되었고 C, D 소자간에는 C만 켄치되었다. 직·병렬구조로 연결하였지만 B와 C만 켄치가 되어 병렬구조로 연결한 특성이 나왔고 이것은 전류용량 등급만 올릴 수 있다는 것을 알 수 있다. 그림 3은 가극결선시 선로전류와 초전도 소자의 파형을 보여주고 있다. 선로전류는 44A_{peak}까지 상승하여 1주기만에 8A로 제한하였다. 초전도 소자는 감극결선시와 마찬가지로 B와 C만 켄치가 발생하였고 첫주기 때 98V_{peak}까지 상승하였고 두 번째 주기때 88V_{peak} 감소하였다. 감극결선시 1주기 동안 선로전류의 제한율은 77%였고 가극결선시 81%였다. 가극결선시 전류제한효과가 우수한 것을 알 수 있다.

그림 4를 보면 감극결선시 선로전류가 102A_{peak}까지 상승하여 1주기만에 17A_{peak}로 제한되는 것을 알 수 있다. 초전도 소자는 A, C가 동시켄치되어 첫주기의 피크값이 126V_{peak}이었고 B, D가 동시에 켄치되어 69V_{peak}값이 나왔고 1주기 동안 B, C는 109V_{peak}로 감소하였고 B, D는 86V_{peak}로 증가하였다. 이는 동일조건에서 병렬우선 직·병렬 연결하였을시 직렬우선 직·병렬연결보다 전류제한 효과가 우수한 것을 알 수 있고 4개의 소자가 동시켄치되어 전류용량과 전압등급을 높일 수 있음을 알 수 있다. 그림 5를 보면 가극결선시 선로전류는 44A_{peak}까지 상승하여 1주기 만에 6A_{peak}로 제한되었다.

초전도 소자는 감극결선시와 같이 A, C가 동시켄치되고 B, D가 동시켄치되었다. 첫주기의 피크값은 각각 84V_{peak}, 28V_{peak}이었고 1주기만에 A, C의 피크값은 58V_{peak}로 감소되었고 B, D의 피크값은 30V_{peak}로 증가하였다. 이는 1주기만에 소자간의 불균형이 감소하는 것을 알 수 있다. 소자 4개를 2×2로 직·병렬연결시 조합구조에 따라 전류제한특성이 상이한 것을 알 수 있고 병렬우선 직·병렬연결시 전류제한효과와 소자보호 측면에서 우수한 것을 알 수 있다.

3. 결 론

자속구속형 한류기의 직·병렬 연결조합에 따른 켄치 특성을 분석하였다. 자속구속형 한류기의 전압, 전류용량을 증가시키기 위해서는 직병렬연결이 필수적이다. 자속구속형 한류기의 기본구조에 초전도소자 4개를 직병렬 연결하였다. 직병렬 연결 조합구조에 따라 켄치특성이 상이한것을 확인할 수 있다. 초전도 소자 4개의 직렬우선 직병렬연결은 전류용량증대효과만 가져왔다. 그러나 병렬우선 직병렬연결은 전압용량, 전류용량 증대효과를 가져왔다. 또한 전류제한효과와 소자보호측면에서 직렬우선 직병렬연결이 우수함을 알 수 있다.

[참고 문헌]

- [1] 김준환, 이강환, "전력계통, 고장전류 증대와 대응방안", 전기저널, pp. 19-31, 1998.
- [2] Tutomu Hoshino, Khosru Mohammad Salim, Massanori Nishikawa, Itsuya Muta, Taketsune Nakamura, "Proposal of saturated DC reactor type superconducting fault current limiter(SFCL)", Cryogenics, Vol. 41, No. 7, pp.469-474, Jul. 2001.
- [3] Hyo-Sang Choi, Hye-Rim Kim, Ok-Bea Hyun, "Operating properties of superconducting fault current limiters based on YBCO thin films", Cryogenics, Vol. 41, No. 3, pp.163-167, Mar., 2001