

## 선트리액터가 초전도 한류기의 켄치에 미치는 효과

이나영, 남궁현, 박형민, 조용선, 최효상, 황종선\*, 한병성\*\*  
 조선대학교, 남도대학\*, 전북대학교\*\*

### Effects of Shunt Reactors on Quench Performance of the Superconducting Fault Current Limiter

Na-Young Lee, Gueng-Hyun Nam, Hyoung-Min Park, Yong-Sun Cho, Hyo-Sang Choi, Jong-Sun Hwang\*, Byoung-Sung Han\*\*

Chosun Uni., Namdo College\*, Chonbuk National Uni.\*\*

**Abstract :** We have investigated the quench performance of shunt reactors in the parallel connection of resistive type superconducting fault current limiter (SFCL) components based on YBCO films. To increase voltage rating, components are connected in series and to increase current level, they are connected in parallel. This method has caused the unbalanced quench between each components. To improve the problem, we have compared the quench properties between the current limiting components without and with shunt reactors connected in parallel. To improve the quench performance, across individual SFCL components connected the shunt reactor in parallel. The components with shunt reactors successfully produced simultaneous quench, resulting from the bypass of the fault current in the direction of the shunt reactor.

**Key Words :** resistive superconducting fault current limiter, shunt reactor, simultaneous quench

### 1. 서론

전력계통내 지속적인 전력수요로 전체임피던스가 저하되어 전력설비의 전기적·기계적 내력을 초과하는 단락사고가 빈번하다. 이러한 실정에서 영저항 특성을 이용한 초전도 한류기의 도입은 필수적이다. 이는 사고발생시 일정 임피던스가 선로에 투입되는 방식임으로 전류등급에 따라 작동되기 때문에 수요증대에 따른 용량증대면에서도 활용도가 높다[1].

현 전력계통내 설치공간은 제한적이므로 박막을 이용한 저항형 한류기는 기기의 소형경량화 및 구조면에서 간단하여 운용하기 쉬운 장점이 있다. 물론 제조기술상의 불균일특성으로 용량증대시 한류소자간의 동시켄치에 따른 문제점을 보완하기 위한 연구는 필수적이다[2].

본 연구에서는 meander-line 패턴의 2인치 YBCO 박막을 이용한 저항형 고온초전도 전류제한기에서 선트리액터를 한류소자에 병렬로 설치시 동작특성에 따라 켄치에 미치는 영향을 고찰하였다. 용량증대를 위하여 직병렬 연결 방식과 선트리액터를 연결한 직병렬 연결방식을 비교·분석하여 동시켄치를 위한 내력특성을 조사하였다.

### 2. 실험 장치

그림 1은 단락사고를 모의하기 위해 구성한 실험회로도이다. meander-line 패턴의 YBCO 박막들을 액체질소가 담긴 cryostat 내부에 넣어 한류장치를 제작하였다. 시스템의 정격전압  $V_0$ 은  $160/\sqrt{3} [V_{rms}]/60 [Hz]$ 를 기준으로 하였으며, 전류측정을 위한 표준저항은  $1 [\Omega]$ , 부하저항  $R_L$ 은  $50 [\Omega]$ 을 연결하였다.  $SW_1$ 과  $SW_2$ 는 모의사고 실험을 수행하기 위한 스위치이다. 각각의 한류소자에 병렬로 연결

된 리액터는 상시회로가 아닌 외부 선로의 조작만으로 선트리액터 역할을 하도록 설치하였다. 리액터의  $L_s$ 는 대략  $1.08 mH$  정도이며, 임피던스는  $0.47 [\Omega]$ 이 되도록 자체 제작하였다[3].

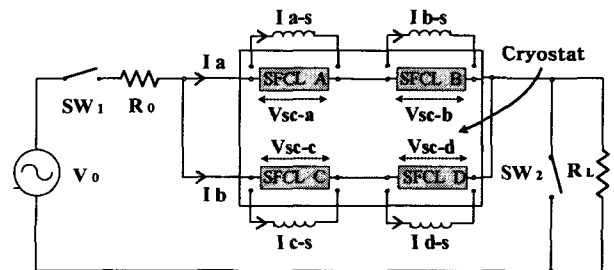


그림 1. 저항형 고온초전도 전류제한기의 실험회로도

4개의 초전도한류소자를 이용하여 직병렬에 관한 실험을 하였으며, 임계전류밀도는  $SFCL C < SFCL D < SFCL A < SFCL B$  순으로 하였다. 한류소자 SFCL C는 실험의 특성분석을 위해 다른 소자들에 비해 임계전류밀도가 상대적으로 낮은 것을 선택하였다.

### 3. 결과 및 고찰

그림 2는 그림 1에서 선트리액터를 연결하지 않은 직병렬로 소자들을 배열하여 한류소자당에 걸리는 전압과 사고전류에 따른 전류제한특성을 나타낸다. 적용전류를 증대시키기 위한 병렬연결특성은 전류거동에 의한 전류분배로 켄치효과를 가져온다. 또한 직렬연결특성으로 적용전압의 등급을 높일 수 있는 반면, 직렬로 연결된 한류소자중 임계전류가 낮은 시편이 먼저 켄치되고 이 시편

의 열발생이 촉진되게 된다. 그러므로 임계전류밀도가 상대적으로 낮은 소자 C가 모든 소비전력을 감당해야 하므로 소자 D는 켄치가 일어나지 못하였다. 또한 특성이 비슷한 소자 A와 소자 B의 경우도 직렬연결시 약간의 임계전류밀도의 차이로 두 소자간의 동시켄치가 발생되지 않음을 그림 2를 통해서 확인할 수 있었다. 그리고 발생하는 전압변동률에서도 차이를 나타내었다.

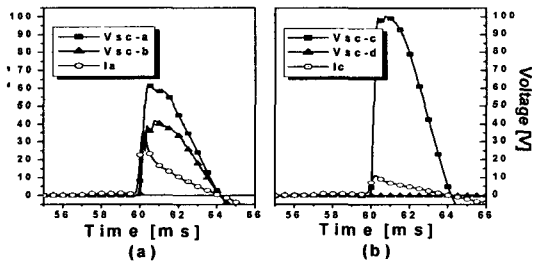


그림 2. 직병렬 연결시의 전압·전류특성  
(a) 한류소자A와 B의 양단 전압 및 전류  
(b) 한류소자C와 D의 양단 전압 및 전류

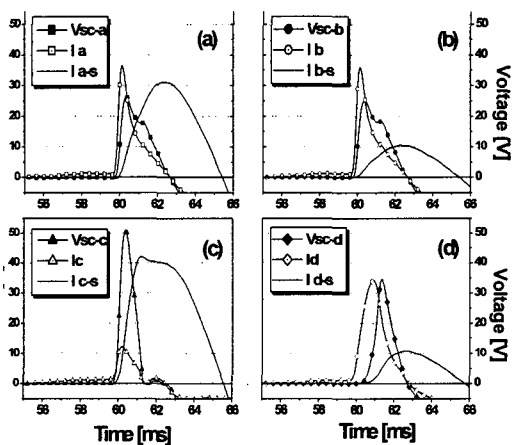


그림 3. 병렬 연결된 선트리아क्टर에 따른 전압·전류특성  
(a) 한류소자A의 양단전압·전류 및 리액터전류  
(b) 한류소자B의 양단전압·전류 및 리액터전류  
(c) 한류소자C의 양단전압·전류 및 리액터전류  
(d) 한류소자D의 양단전압·전류 및 리액터전류

그림 3은 직병렬로 연결된 초전도 한류소자 양단에 병렬로 선트리아क्टर를 연결한 경우 전기적 특성을 나타낸다. 사고전류로 인한 초전도소자의 상전도전어로 전류가 임피던스가 작은 선트리아क्टर로 우회되어 다른 소자의 켄치진행을 수행하게 된다. 단순직병렬에서는 두시편간에 전압 발생률이 차이를 보였으나, 그림 3의 (a)와 (b)에서 한류소자 A와 B의 전압발생률의 곡선파형이 유사함을 확인할 수 있었다. 한류소자 C와 D의 경우도 그림 2에서 나타나는 불균형켄치특성을 어느 정도 극복하였다. 전류분당에 있어서 병렬연결시 소자들간의 임피던스차로 분배되지만, 선트리아क्टर를 설치시 한류소자간의 상호작용에 의

하여 전류분배특성이 보다 개선됨을 확인할 수 있었다. 선트리아क्टर로 인한 조합배열방식이 한류소자간의 동시켄치면에서 적합하다고 사료된다. 임계전류밀도가 낮은 한류소자의 켄치가 약간 지연됨으로써 다른 소자의 켄치가 진행되어 직렬연결시와 달리 켄치특성이 개선되었다. 또한 사고전류의 일부를 인덕턴스가 감당하므로 한류소자의 부담을 덜 수 있었다. 저항형 한류기의 단점인 켄치 발생시 열분산이 요구되는데, 한류소자로 인한 열발생만이 액체질소 증발에 기여하므로 냉각효율 측면에서도 유리하다고 사료된다.

#### 4. 결론

본 논문에서는 한류소자에 선트리아क्टर를 병렬로 연결하였을 때 켄치현상을 비교·분석하였다. 전력계통내에서 사고가 발생한 경우 초기시간변화에 대한 전류변화율이 크기 때문에 높은 과도 응답을 나타낸다. 선트리아क्टर를 설치한 경우는 한류소자의 전압발생이 바로 나타나지 않으므로 전기적 충격면에서 중요한 요소로 작용한다. 사고전류가 금박막층과 리액터코일로 분당항에 따라 단순 직병렬의 경우보다 전류분배특성이 선로간에 개선됨을 확인할 수 있었다.

회로적인 관점에서 저항을 병렬로 연결시 한류소자별 적정저항값의 조정이 요구되지만, 본 실험에서는 인덕턴스를 임의로 조정했음에도 불구하고 켄치특성을 개선할 수 있었다. 사고발생시 선트리아क्टर의 인덕턴스로 인한 위상차가 나타나지만, 사고전류가 제거되면 전류의 변화에 따른 선로에 영향력은 없어진다. 병렬로 연결된 선트리아क्टर의 임피던스값이 작을수록 분로전류가 커져서 한류소자를 모두 켄치를 시킬 수 있으나, 적정한류를 위한 한류소자를 증대해야 하므로 적절한 산정에 따른 최적조건을 도출하여야 할 것이다.

#### 감사의 글

“이 논문은 2005년 산업자원부 전력산업연구개발 사업의 지원을 받아 연구되었음”

#### 참고 문헌

- [1] 김준환, 이강완, “전력계통, 고장전류 증대와 대응방안”, 전기저널, p. 19-31, 1998
- [2] 황시돌, 김혜림, 최효상, 고태국, 장건익, “고온초전도 기술개발”, 과학기술부 보고서, p. 21-35, 2001
- [3] 최효상, 현옥배, 김혜림, 황시돌, “15kVA급 박막형 초전도 전류제한기 한류특성”, 전기전자재료학회논문지, Vol. 13, No. 12, p. 1058-1062, 2000
- [4] 김혜림, 현옥배, 최효상, 황시돌, 김상준, “저항형 초전도 한류기에서의 켄치 전파”, 한국전기전자재료학회 논문지, 제 13권, 4호, p. 337-342, 2000