

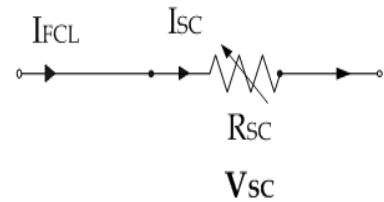
자속결합형 SFCL과 일반 저항형 SFCL의 인가전압에 따른 초전도 소자 퀘칭특성

정병익*, 조용선*, 최효상*
조선대*

The Quench Characteristic Analysis of Superconducting element Between Flux-coupling type SFCL and Resistance type to applied voltage

Byung-Ik Jung*, Yongl-Sun Cho*, Hyo-Sang Choi*
Chosun University*

Abstract - 현재 많은 초전도 한류기들이 개발되었고 현재도 실계통 적용을 위해 개발중이다. 본 논문에서는 초전도 소자만을 이용한 저항형 초전도 한류기와 변압기와 초전도 소자를 접목한 자속결합형 초전도 한류기의 사고전류 제한 특성과 초전도 소자의 퀘칭특성을 비교 분석하였다. 자속결합형 초전도 한류기는 변압기 코일의 턴수를 조절함으로써 사고전류의 크기 및 퀘칭 특성을 개선시키는 반면 저항형 초전도 한류기는 초전도 소자의 불균일 퀘칭과 사고전류의 크기를 조절하기 힘들다는 단점을 가지고 있다. 또한 자속결합형 초전도 한류기의 경우에서 초전도 소자에 발생하는 전압의 크기가 현저히 작음을 알 수 있었다. 초전도 소자의 전압이 높고, 퀘칭 불균일로 인해서 일부 전력 부담이 편중되는 소자의 열화가 더 빨리 진행될 것이다.



(c) 저항형 SFCL

〈그림 1〉 저항형 SFCL과 자속결합형 SFCL 실험 회로도

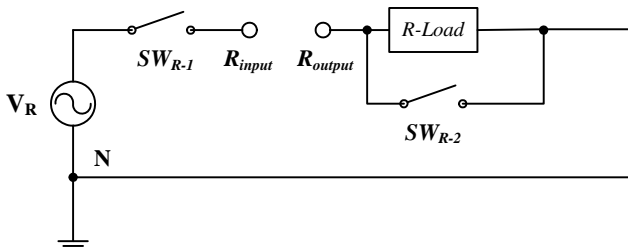
1. 서 론

실계통 적용을 위한 초전도 한류기의 개발이 활발히 진행되는 시점에서 초전도 한류기의 일반화 보다는 다양한 구조로 연구해 볼 필요성이 있다. 구조의 변화에 따라서 사고전류제한특성이나 초전도 소자의 퀘칭 특성이 다르므로 각각의 구조의 따른 비교는 반드시 필요하다. 본 논문에서는 자속결합형 초전도 한류기와 일반 저항형 소자만을 이용한 한류기의 동작특성을 비교해 보도록 하겠다.

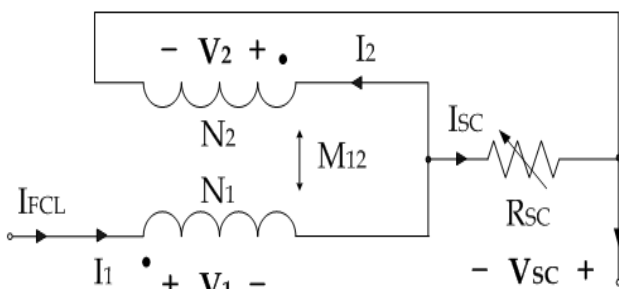
2. 본 론

2.1 실험 방법

그림 1. (a)는 사고 발생 실험회로도를 나타낸 것이다. SW_{R-1} 은 전원 인가를 위한 스위치이고 R-Load는 부하를 나타낸다. SW_{R-2} 는 사고발생을 위한 스위치이다. R_{input} 과 R_{output} 은 초전도 한류기가 연결되는 부분으로 (b)를 연결하면 자속결합형 SFCL로 동작하고, (c)를 연결하면 저항형 SFCL로 동작한다. 여기서는 (b), (c)의 모듈이 각각 직렬로 3개가 연결된 구조를 갖는다. 인가전압은 240, 320, 400 V를 인가하였다고 부하로 사용된 저항은 50[Ω], 전로의 표준저항 1[Ω]을 설정하였다. 또한 자속결합형의 경우는 1차 측과 2차 측의 턴수비는 3 : 1로 하였다.



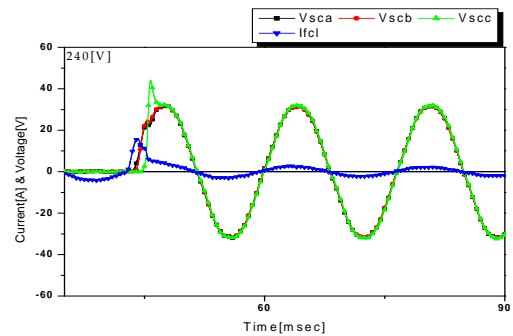
(a) 사고 발생 실험 회로도



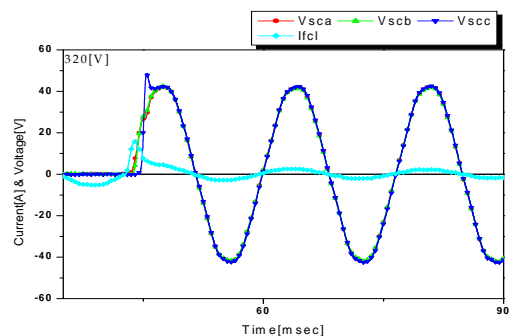
(b) 자속결합형 SFCL

2.1 자속결합형 SFCL 동작특성

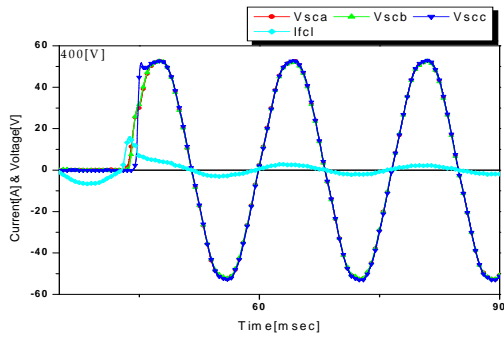
그림 2는 자속결합형 초전도 한류기의 사고전류 및 초전도 소자에서 발생한 전압의 크기를 나타낸 그래프이다. 사고 초기 1msec 이내에 초전도 소자 3개 모두 퀘칭되어 사고 전류를 제한하였다. 인가전압 240 V 인 경우 사고전류의 크기를 15.54 A로 제한시켰고, 이때 발생한 초전도 소자의 전압은 최대 43.62 V였다. 320, 400 V의 경우는 각각 사고전류의 크기를 16.66, 16.38 A로 제한시켰다. 초전도 소자의 전압은 각각 45.81, 52.96 V였다. 변압기 2차측 리액터에 의해서 전압 분배가 일어나기 때문에 초전도 소자가 부담하는 전력 부담이 감소한다는 것을 알 수 있었다. 인가전압에 따른 퀘칭시간은 0.67, 0.59, 0.53 msec로 인가전압이 증가함에 따라 퀘칭시간이 짧아진다는 것을 확인할 수 있었다.



(a) 240 [V]

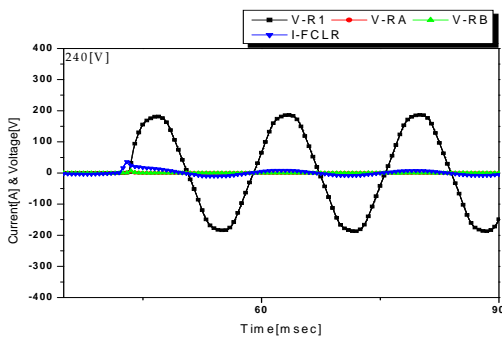


(b) 320 [V]

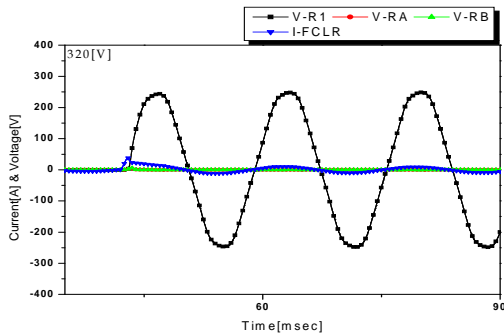


(c) 400 [V]

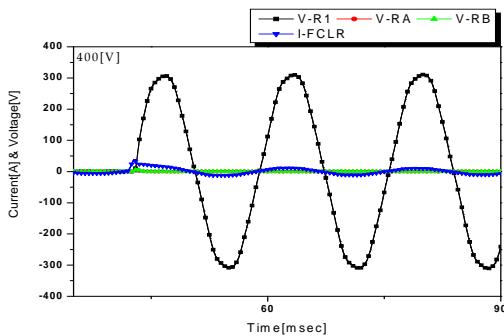
<그림 2> 자속결합형 SFCL 사고전류 제한 및 초전도 소자 전압 곡선



(a) 240 [V]



(b) 320 [V]

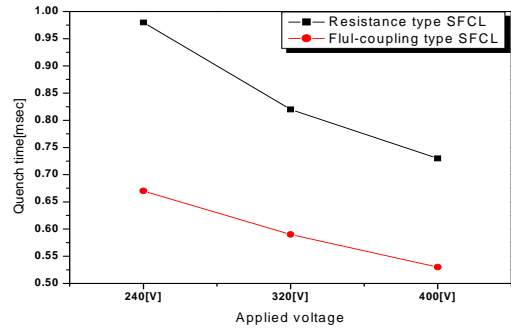


(c) 400 [V]

<그림 3> 저항형 SFCL 사고전류제한곡선 및 초전도 소자 전압

2.2 저항형 초전도 한류기

그림 3은 저항형 초전도 한류기의 인가전압에 따른 사고전류 및 초전도 소자의 발생 전압을 나타낸 그래프이다. 저항형 초전도 한류기의 경우 사고시 초전도 소자 모두 켜지는 것이 아니라 1개의 소자만이 켜졌고, 발생하는 전압의 크기도 결합형 초전도 한류기에 비해 매우



<그림 4> 저항형과 자속결합형 SFCL 켜치시간 비교

큰 값을 나타냈다. 인가전압이 240 V인 경우 제한된 사고전류의 크기가 37.36 A, 초전도 소자 전압은 182.7 V를 나타냈다. 인가전압 320, 400 V의 경우는 각각 사고전류의 크기가 38.42, 39.15 A, 초전도 소자 전압은 각각 244.34, 307.25 V로 결합형에 비해 매우 큰 값을 나타냈다. 인가되는 전압이 커지게 되면 그만큼 초전도 소자가 받는 전력 부담이 커지게 된다. 또한 초전도 소자간 불균일한 켜치는 특정한 소자에만 부담을 주게 되어 나중에는 소자의 파손까지도 가져오게 될 것이다.

그림 4는 저항형 초전도 한류기와 자속결합형 초전도 한류기의 켜치시간을 비교한 그래프이다. 저항형 초전도 한류기의 경우 인가전압에 따라 각각 0.98, 0.82, 0.79 msec였고, 자속결합형 초전도 한류기의 경우는 0.67, 0.59, 0.53 msec 였다. 전체적으로 약 0.3msec 정도의 차이를 보인다는 것을 확인할 수 있었다. 사고 후 빠른 켜치는 그만큼 빨리 사고전류를 제한해 줌으로써 주변기기로의 사고파급효과 및 다른 보호기기의 부담을 줄이는데 이점을 가지고 있다.

3. 결 론

현재 여러 종류의 초전도 한류기가 개발 중이고, 이것들은 구조적 차이로 인해서 장단점을 가지게 된다. 여기서는 변압기의 원리를 이용한 자속결합형 초전도 한류기와 초전도 소자만을 이용한 저항형 초전도 한류기의 인가전압에 따른 켜치특성 및 사고전류 제한특성을 분석하였다. 자속 결합형 초전도 한류기의 경우 저항형 초전도 한류기에 비해 초전도 소자간 켜치특성이 우수했고, 제한된 사고전류의 크기도 전압이상 감소하였다. 초전도 소자에서 발생한 전압의 크기도 6배 이상 작은 값을 나타내었다. 또한 전력 부담이 각 초전도 소자에 고루 분배되기 때문에 소자 보호 차원에서 자속결합형의 경우가 유리한 이점을 가지고 있다. 사고 후 켜치 되기까지의 시간인 켜치시간도 자속결합형 초전도 한류기의 경우가 더 빠르다는 것을 확인 할 수 있었다. 하지만 자속결합형의 경우 변압기가 추가됨으로써 설치 용적을 많이 차지한다는 단점을 가지고 있다.

감사의 글

이 논문은 2007년 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (KRF-2007-313-D00274)

[참 고 문 헌]

- [1] H. S. Choi, S. H. Lim, "Operating Performance of the Flux-Lock and the Transformer Type Superconducting Fault Current Limiter Using the YBCO Thin Films," IEEE Trans. Appl, superconduc, vol. 17, pp. 1823-1826, June 2007.
- [2] D.C. Chung, H.S. Choi, N.Y. Lee, G.Y. Nam, Y.S. Cho, T.H. Sung, Y.H. Han, B.S. Kim, S.H. Lim, "Optimum design of matrix fault current limiters using the series resistance connected with shunt coil", Physica C, Vol. 463, pp. 1193-1197, 2007.
- [3] H. S. Choi, H. M. Park, Y. S. Cho, S. H. Lim, and B. S. Han, "Quench characteristic of current limiting elements in a flux-lock type superconducting fault current limiter," IEEE Trans. Appl, Superconduct., vol. 16, pp. 670-673, June 2006.
- [4] 조용선, 최효상, 박형민, "2차회로 수에 따른 하이브리드형 초전도 한류기의 동작 특성", Trans, KIEE. vol. 55A, No.2. pp. 62, 2006.