

2×3행렬구조를 갖는 초전도 한류기의 켄치특성 분석

조용선, 박형민, 이주형, 정병익, 최효상
 조선대학교 전기공학과

Analysis on the quenching characteristics of a superconducting fault current limiter with 2 by 3 matrixes

Yong-Sun Cho, Hyoung-Min Park, Ju-Hyoung Lee, Byung-Ik Jung, Hyo-Sang Choi
 Department of Electrical Engineering, Chosun University

Abstract - In this paper, we investigated the quenching characteristics of a superconducting fault current limiter (SFCL) with connection of 2×3 matrixes. This SFCL consists of the trigger part to apply magnetic field and the current-limiting part to limit the fault current. When the fault occurs, the magnetic field generated in the reactor connected in parallel was applied to the two superconducting units of the current-limiting part to reduce of inhomogeneous critical current behavior between the superconducting units. The quenching behavior of a superconducting unit in the trigger part was affected by the increase of turn numbers. This is because of the difference of current distribution between the inductance of the reactors and the resistance generated in the superconducting units in trigger part. We confirmed that the voltage differences between two superconducting units of the current-limiting part were decreased. This is because of the improvement of inhomogeneous critical current behavior between the superconducting units according to the increase of external magnetic field.

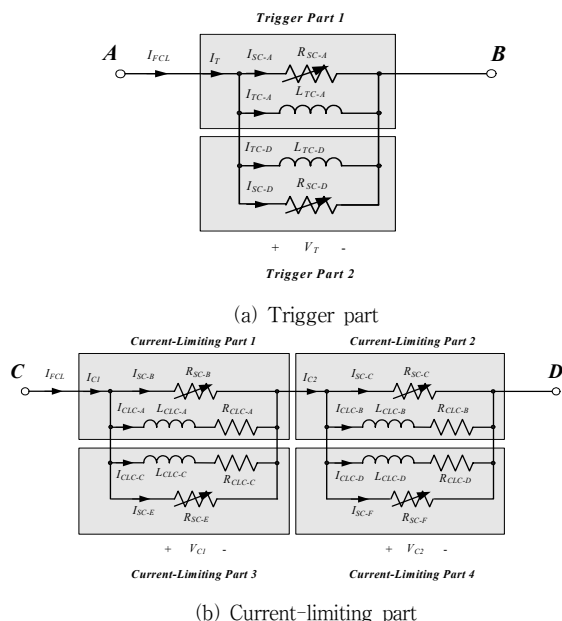
그림 1은 trigger part와 current-limiting part 구조를 갖는 초전도 한류기의 등가회로도를 나타낸 것이다. (a)에서 L_{TC-A} 와 L_{TC-B} 는 초전도 소자 A, B, C와 D, E, F를 감싸고 있어 소자 A와 D의 켄치시 전류분배가 이루어져 자장이 발생한다. 이 자장은 각 초전도 소자에 인가되어 소자의 임계특성을 개선하게 된다.

1. 서론

초전도 한류기의 연구는 전세계적으로 활발히 진행 중이다. 그러나 초전도 소자의 임계특성의 차이로 인한 동시켄치 및 전압의 균등분배, 용량증대 방안, 초전도 소자의 켄치시 발생하는 열문제, 경제성 등 많은 문제점을 안고 있어 상용화를 위해 획기적인 대안책을 필요로 하고 있다[1-3]. 본 논문에서 제시한 초전도 한류기는 불균일한 초전도 소자의 임계특성을 줄일 수 있는 방안을 제시하였다. 초전도 소자의 임계특성 중 임계자장을 줄임으로써 초전도 소자의 켄치특성을 개선하였고, 또한 소자의 켄치시간을 줄일 수 있다는 것을 확인하였다.

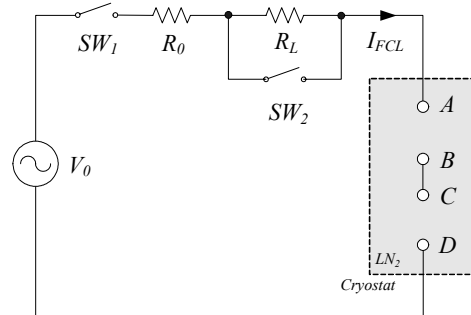
2. 본론

2.1 구조 및 원리



〈그림 1〉 초전도 한류기의 등가회로도

2.2 실험 회로도 및 방법



〈그림 2〉 초전도 한류기의 실험회로도

그림 2는 초전도 한류기의 실험회로도이다. 인가전압은 $320/\sqrt{3}$ [V_{rms}]로 하였으며, 사고가 발생하는 각도는 0°이다. SW1을 닫아 정상상태의 초전도 한류기 동작시켰고, SW2를 닫음으로써 단락사고를 모의하였다. A-B와 C-D는 그림 1의 trigger part와 current-limiting part가 연결된다. 표 1은 초전도 한류기를 구성하고 있는 선트리아क्टर 및 저항의 설계 파라미터를 나타낸 것이다.

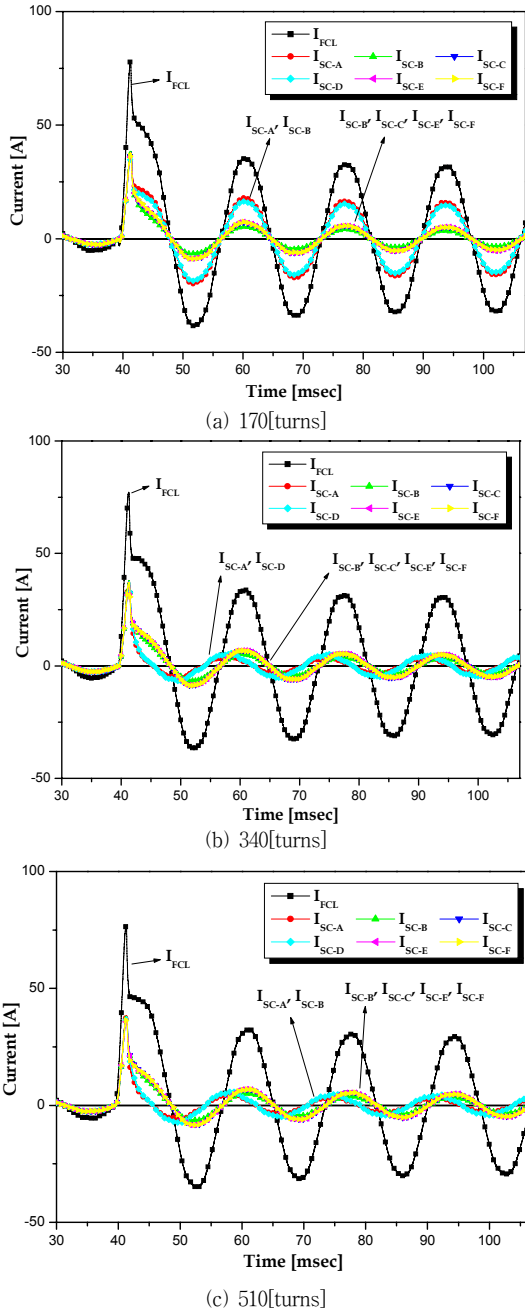
〈표 1〉 초전도 한류기의 구성요소의 파라미터

Turn's Number	Inductance [mH]	Resistance [Ω]
L _{TC-A}	170	4.55
	340	7.6
	510	12.54
L _{TC-D}	170	4.5
	340	7.54
	510	12.57
L _{C1C-A,B,C,D}	100	1
R _{C1C-A,B,C,D}	-	10

2.3 실험 결과

그림 3은 자장인가를 위한 리액터의 턴수 증가에 따른 사고전류제한 파형 및 각 초전도 소자에 흐르는 전류의 파형을 나타낸 것이고, 그림 4는 초전도 소자에서 발생하는 전압의 파형을 나타낸 것이다. 턴수 증가에 따라 제한되는 사고전류는 각각 78.5, 77.2, 76.7[A]로서 거의 같다는 것을 확인할 수 있다. 이것은 턴수 증가가 trigger part에 병렬로 연결되어 있어 초전도 한류기의 전체 임피던스 변화에 거의 영향을 주지 않기 때문이다.

리액터의 턴수가 170[turns]인 경우 trigger part에 있는 초전도 소자가 켄치되지 않은 것을 그림 4에서 확인할 수 있다. 이것은 170[turns]의 리액터가 갖는 임피던스의 크기가 작아 소자의 켄치전에 리액터측으로 전류가 분배되어 흐르기 때문이다. 그리고 증가되는 사고전류가 current-limiting part에 있는 초전도 소자를 켄치시킴으로써 trigger part에 있는 초전도 소자의 무켄치 상태에서 사고전류를 제한하게 된다. Trigger part에 있는 초전도 소자가 켄치됨으로써 발생하는 저항으로



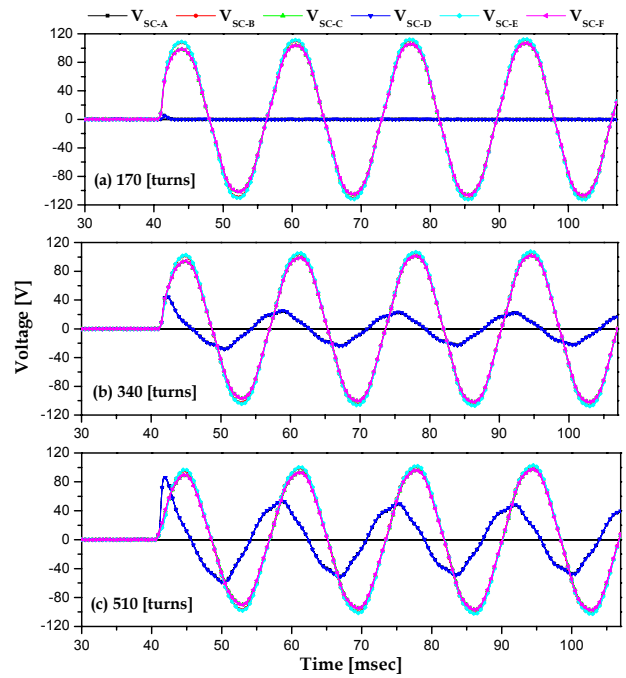
〈그림 3〉 턴수 증가에 따른 초전도 한류기의 사고전류제한 파형

인해 최적의 자장을 발생시키기 위한 전류가 리액터측으로 분배되기 때문에 중요한 의미를 지닌다. 또한 리액터의 임피던스가 작으면 사고전 정상상태에서 미세한 전류가 리액터측으로 흐른다. 이것은 초전도 한류기의 손실로서 작용하게 된다. 그러므로 자장을 인가하기 위한 리액터의 턴수가 340[turns]이상으로 되어야 trigger part의 동작과 함께 초전도 한류기의 손실을 줄일 수 있게 된다.

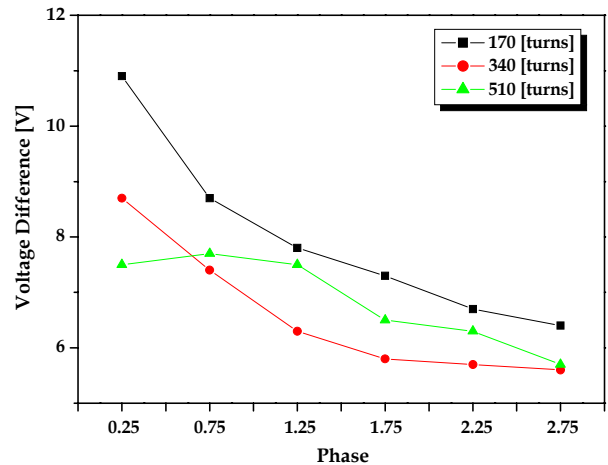
그림 5는 사고주기별로 current-limiting part에 있는 2개의 초전도 소자에서 발생하는 전압의 차이를 나타낸 곡선이다. 170[turns]에서는 trigger part에 있는 초전도 소자가 켜지지 않았다. 그러므로 current-limiting part에 있는 초전도 소자에 자장이 인가되지 않아 초전도 소자간의 전압차이가 많이 발생한다. Trigger part의 초전도 소자가 켜진 340과 510[turns]을 보면 사고주기가 증가하면서 소자간 전압차이가 줄어들었다는 것을 확인할 수 있다. 이것으로 리액터에서 발생하는 자장에 의해 current-limiting part에 있는 초전도 소자간의 임계특성의 차이가 줄어들어 발생하는 전압의 차이가 줄어든다는 것을 확인할 수 있다.

3. 결 론

본 논문에서는 2×3행렬 구조를 갖는 초전도 한류기를 자장을 인가하



〈그림 4〉 턴수 증가에 따른 초전도 소자의 전압 파형



〈그림 5〉 Current-limiting part에 있는 2개 초전도 소자의 전압차이 곡선

기 위한 리액터와 병렬로 연결하여 구성하였다. 리액터에서 발생하는 자장을 초전도 소자에 인가함으로써 초전도 소자간의 불균일한 임계특성의 차이를 개선하였다. 리액터의 턴수 증가는 trigger part에 있는 초전도 소자의 켜치 유무를 결정지으며, 340[turns]이상으로 하여야 켜치된다는 것을 확인하였다. 또한 current-limiting part에 있는 초전도 소자간의 전압차이를 줄일 수 있는 최적의 턴수는 340[turns]임을 확인함으로써 불균일한 임계특성의 차이가 개선되었다는 것을 확인하였다.

[참 고 문 헌]

- [1] X. Yuan, K. Tekletsadik, L. Kovalsky, J. Bock, F. Breuer, S. Elschner, "Proof-of-concept prototype test results of a superconducting fault current limiter for transmission-level applications", IEEE Trans. Appl. Supercond. vol. 15, no. 2, pp. 1982, 2005.
- [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, 2007.
- [3] H.-S. Choi, H.-R. Kim, O.-B. Hyun, and S.-J. Kim, "Quench properties of Y-Ba-Cu-O films after overpowering quenches," IEEE Trans. Appl. Supercond., vol. 11, pp. 2418-2421, 2001.