

선티저항을 통한 박막형 초전도 한류기의 전압등급 증대

최효상, 김혜림, 황시돌, 박권배, 현옥배
한전 전력연구원 전력계통연구실

Increase of voltage ratings in the superconducting fault current limiter using thin films by shunt resistors

Hyo-Sang Choi, Hye-Rim Kim, Si-Dole Hwang, Kwon-Bae Park, Ok-Bae Hyun
Korea Electric Power Research Institute

hschoi@kepri.re.kr

Abstract - Three nearly identical superconducting fault current limiters (SFCLs) were connected in series to increase the voltage ratings. A slight difference in the quench starting point of individual SFCL units produced significantly imbalanced power distribution when connected in series. The imbalance was successfully removed by connecting a shunt resistor to one SFCL in parallel. 1.2 kV SFCL was designed with five current limiting elements and two or three shunt resistors.

1. 서 론

저항형 초전도 한류기를 설계통에 적용하기 위해서는 단위 한류소자의 직·병렬연결을 통한 용량증대가 필수적이다. 일반적으로 단위 한류소자는 제조공정상 그 특성이 완전히 똑같을 수는 없으며, 따라서 특성이 약간 다른 샘플을 연결할 수 밖에 없다. 이중 병렬연결은 개개의 켄치특성이 약간 다르다 할지라도 회로 구조상의 전류재분배 때문에 용량증대에 문제가 없다.[1] 그러나 직렬연결의 경우는 개별 한류소자가 갖는 약간의 켄치특성의 차이가 심한 power 불균형을 초래하기 때문에 대책이 필요하다. 본 연구에서는 한류소자 2개를 직렬연결한 결과를 토대로 3개소자 직렬연결시 동시켄치 방안과 1.2 kV급 초전도 한류기의 설계 결과를 제시하고자 한다.[2]

2. 실험구성 및 결과

실험에 이용한 한류소자의 패턴모양은 그림 1과 같이 2 inch YBCO 박막을 meander 형태로 식각하여 구성하였으며 측정회로도에 대한 상세한 설명은 참고문헌에 나타내었다.[2]

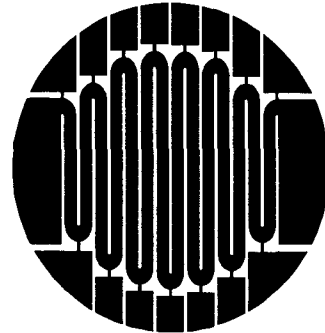


Fig. 1. A current limiting element patterned in the meander line

3개의 한류소자를 직렬로 연결하기 이전에, 각 소자의 개별적인 특성을 그림 2에 나타내었다. 이때 적용 전압 VS는 100 Vrms이고 한류소자 meander선의 길이는 42 cm이었다. 한류소자의 개별 켄치특성은 거의 동일하였지만, 확대한 그림에서 볼 수 있는 바와 같이 켄치시점이 SFCL1에서 약간 빠르게 진행되고 있다. 이는 임계전류밀도가 약간 차이난데서 기인하는 것으로 보이며 전압상승률 dV/dt도 SFCL1이 약간 높다.

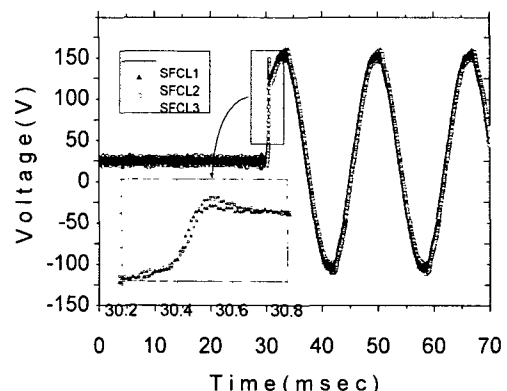


Fig. 2. Quench properties of individual SFCLs

그림 2에 직렬로 연결된 3개 한류소자에 대한 전압파형을 보여준다. SFCL1이 먼저 켜지고 이어서 SFCL2 그리고 SFCL3 는 거의 켜지지 않았다. 이는 켜치를 시작할 때 갖는 SFCL1의 약간 빠른 켜치 시작시점과 높은 전압 상승률이 시편에서의 열발생을 가속시키기 때문으로 생각된다. 이처럼 직렬로 연결된 전류제한 소자의 어느 하나가 먼저 켜치를 시작하게 되면, 그 샘플이 인가된 모든 power를 감당해야만 하기 때문에 전압등급을 더 이상 올릴 수가 없다. 이러한 상황은 전압등급이 높아질수록 더욱 악화될 것으로 여겨진다. 따라서, 3개 한류소자의 동시켄치는 전체적인 전압등급을 올리는데 있어서 필수적이라 할 수 있다.

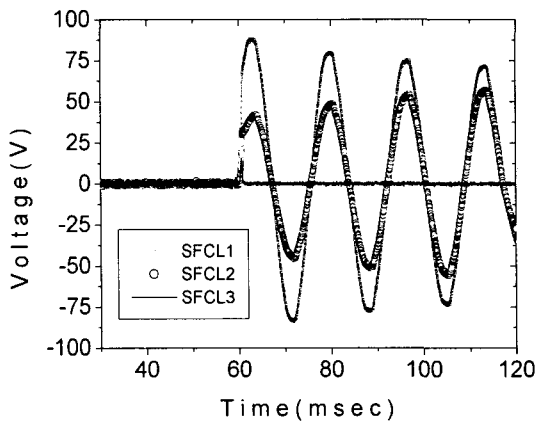


Fig. 2. Quench properties of three SFCL units in serial connection

그림 3에서 3개 소자에 걸리는 전압불균형을 해소하기 위하여, SFCL1과 병렬로 셉트저항 R_c 를 연결하였다. 셉트저항은 계통고장 동안에 손실로써 작용하기 때문에 최적화되어야만 한다. 그러나 정상운전상태에서는 모든 전류가 초전도체로 흐르기 때문에 회로에 미치는 영향은 거의 없다. 인가된 power를 소자에 균등하게 분배하기 위하여 3개 한류소자의 켜치는 같은 지점에서 시작되어야 한다. 또한, 과부하로부터 한류소자를 보호하기 위하여 각 한류소자의 온도도 3 사이클 이후에 거의 동일하여야 한다. 이러한 두가지 조건을 만족하기 위하여 셉트저항 R_c 를 50Ω 에서 300Ω 까지 변화하면서 실험하였다. 이때 최적저항값은 $300 V_{rms}$ 에서 220Ω 이었다. 그림 3에서 보여주는 바와 같이 고장순간에 동시에 켜치가 시작되었고 한류소자의 계산된 온도도 거의 동일하였다.(고장 후 3 사이클 되는 지점에서 약 $208 K$). 여기서 특기할 만한 사항은 단 하나의 셉트저항만으로 3개 한류소자의 직렬연결에서 효과적으로 power 불균형 문제를 해결하였다는 점이다.

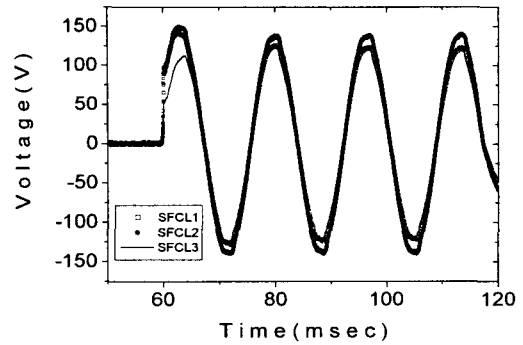


Fig. 3. Simultaneous quench properties of three serially connected SFCL units with a shunt resistor R_s connected to SFCL1 in parallel ($R_s : 220 \Omega$, $V_s : 300 V_{rms}$)

이번에는 전압등급을 더욱 높이기 위하여 5개의 한류소자와 2~3개의 셉트저항을 조합하여 개별한류소자의 동시켄치를 유도하였다. 2~3개의 셉트저항만으로도 $1.2 kV$ 급 초전도 한류기를 운전할 수 있었으며 이의 실험구성도를 그림 4에 나타내었다.

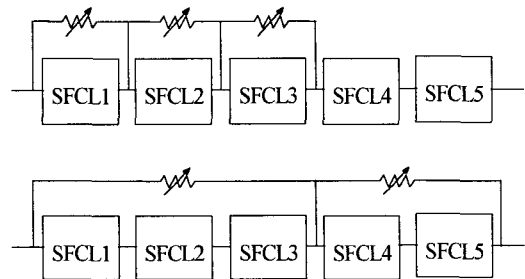


Fig. 4. Schematic diagram for increase of voltage ratings

3. 결 론

YBCO 박막을 이용한 초전도 한류기의 전압등급을 높이기 위하여 3개의 개별한류소자를 직렬로 연결하였다. 이는 소자간에 심한 전압불균형을 가져왔으며 먼저 켜치된 소자에 적절한 셉트저항을 병렬로 삽입함으로써 해소되었다. 한류소자 5개와 셉트저항 2~3개로 $1.2 kV$ 급 초전도 한류기를 제작하였으며 소자간 전압불균형이 없이 동시켄치를 이루었다.

[참 고 문 헌]

- [1] 최효상의, "YBCO 박막을 이용한 초전도 한류기의 안정적인 동작조건", 전기학회논문지, 49B권 9호, pp.584-590, 2000.
- [2] 현옥배외, "직렬연결된 초전도 한류기의 분로저항에 의한 동작특성", 전기학회논문지, 49B권 11호, pp.737-742, 2000.