

감극결선용 자속구속형 전류제한기의 사고주기별 전압전류 특성

한태희, 황종선*, 조용선, 박형민, 남궁현, 이나영, 최효상, 임성훈**, 정동철***, 최명호****
 조선대학교*, 남도대학*, 송실대학교**, 우석대학교***, 광주보건대학****

Voltage-Current Characteristics According to Fault Period of Flux-Lock SFCL with subtractive polarity winding.

Tae-Hee Han, Jong-Sun Hwang*, Yong-Sun Cho, Hyung-Min Park, Guong-Hyun Nam, Na-Young Lee, Hyo-Sang Choi, Sung-Hun Lim**, Dong-Chul Chung***, Myoung-Ho Choi****
 Chosun Univ., Nampo College*, Soongsil Univ**, Woosuk Univ***, Kwangju Health College****

Abstract : We investigated the characteristics of flux-lock type superconducting fault current limiter (SFCL) by the fault cycles. Since the recovery characteristics of a superconducting element in the flux-lock type SFCL were dependent on the winding' direction between two coils, the analysis for the recovery characteristics of this type SFCL together with the current limiting characteristic is necessary to apply it to power system. As the fault cycles was increased from 1 cycle to 5 cycles, the initial limiting current (I_{ini}) and quench characteristic were mostly same. As the fault period increases, the recovery time of the superconducting element increases. The consumed energy and recovery characteristics in a superconducting element show the same tendency.

Key Words : Fault current limiter, quench, superconducting, recovery.

1. 서론

최근 지속적인 전원설비의 증가는 전력계통의 복잡화와 등가 임피던스의 감소를 야기 시키고 사고전류의 증가와 전력계통의 안정도 문제에 심각한 영향을 주게 되었다. 이의 대책으로 대용량 차단기와의 교체나 연계선로의 분리운전이 시행되고 있지만 경제적인 부담과 기술적인 문제들을 가지고 있다. 이러한 문제를 해결할 수 있는 최상의 방법은 신 개념의 보호기인 초전도 전류제한기가 있으며 국내·외에서 활발하게 연구되고 있다.[1-3] 초전도 전류제한기 중 자속구속형 전류제한기는 저항형 전류제한기에 변압기를 연결한 구조이며, 사고전류가 발생할 경우 1차 코일과 2차 코일에 전류를 양분하는 구조로 되어 있어 초전도 소자의 파손을 줄일 수 있는 장점이 있다.

본 논문은 자속구속형 전류제한기의 1차측, 2차측 코일을 63턴과 42턴으로 고정하고, 사고주기를 1, 3, 5주기로 변화하였을 때 초전도 소자의 전압전류 특성을 측정하여 비교 분석하였다.

2. 실험

실험에 사용한 한류소자는 전체길이 540mm, 2mm의 스트립 폭을 갖는 meander형태로 YBCO 박막을 사용하였다. 한류소자의 임계전류는 1mV/cm를 기준으로 하였을 때 19.3A였고, 임계온도 87K였다. 전원전압(V_0)은 $120/\sqrt{3} V_{rms}$ 이며, 회로를 보호하기 위하여 1Ω의 기준저항(R_{in})과 50Ω의 부하저항(R_L)을 연결하였다. 1차측 인덕턴스는 48.4mH, 2차측은 2.93mH였다. 자속구속형 전류제한기의 회로도들을 그림 1에 나타내었다. 1차측 권선은 63턴, 2차측 권선은 42턴으로 결선하고 사고주기를 5주

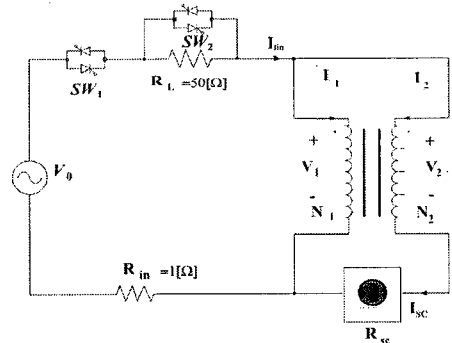


그림 1. 자속구속형 전류제한기의 등가회로도.

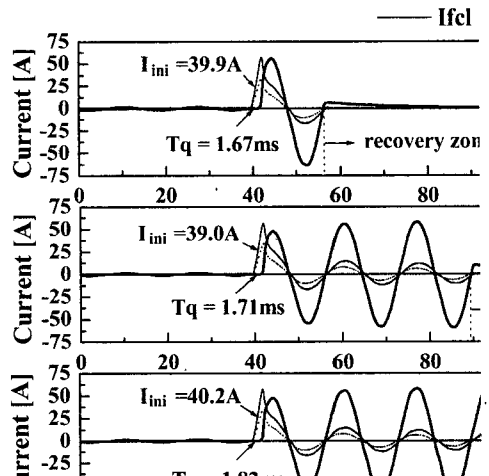


그림 2. 감극 결선한 자속구속형 SFCL의 켄치 특성 (63턴:42턴)
 (a) 1주기 (b) 3주기 (c) 5주기

기 동안 변화하면서 측정하였다. 켄치특성과 회복 실험은 자속구속형 전류제한기를 감극형으로 결선하고 스위치 SW₁을 닫아 전원전압을 공급하고 스위치 SW₂를 닫아 단락사고를 발생시켰다. 이때 회로에 흐르는 선로전류(I_{FCL}), 코일 1에 흐르는 전류(I₁), 초전도 소자에 흐르는 전류(I_{SC}), 코일 1, 2의 양단전압(V₁, V₂)과 초전도 소자의 양단전압(V_{SC})을 측정하였다. 회복특성 실험은 사고주기를 제거한 다음 스위치 SW₁과 SW₂를 동시에 OFF한 상태에서 측정하였다. SCR 스위치는 OFF상태에서 미소하게 흐르는 전류를 이용하여 초전도 소자의 전압을 측정하였다.

3. 결과 및 검토

그림 2는 자속구속형 전류제한기의 감극 결선시 사고주기에 따른 켄치특성을 나타내고 있다. 그림 2(a)는 120V에서 사고 1주기 동안의 켄치특성을 나타내고 있다. 그림 2(a)에서 초기 제한전류(I_{lim})는 선로전류가 임계전류를 넘은 순간 소자의 저항발생으로 소자양단에 전압이 발생하는 시간으로 하였다. 초기 제한전류는 1주기에서 39.9A, 3주기에서 39.0A, 5주기에서는 40.2A로 나타나고 있다. 켄치시간은 1주기에서 1.67ms, 3주기에서 1.71ms, 5주기에서 1.82ms를 나타내고 있다. 사고주기가 증가해도 초기제한전류와 켄치시간은 큰 차이가 없음을 알 수 있다.

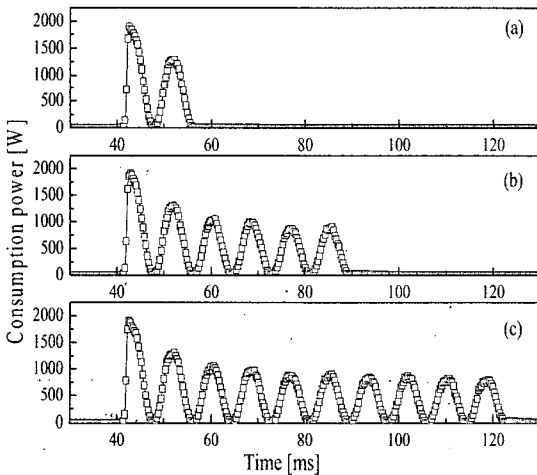


그림 3. 감극 결선한 자속구속형 SFCL의 전력 특성 (63턴:42턴)
(a) 1주기 (b) 3주기 (c) 5주기

그림 3은 사고주기에 따른 초전도 소자의 소비 전력을 나타내고 있다. 그림 3(a)는 2차코일 42턴에서의 사고 1주기에서의 소비 전력 1,911[W]를 나타내고 있다. 사고주기를 3 주기로 한 경우, 초전도 소자가 갖는 소비전력은 1,914[W], 5주기에서는 1,932[W]를 나타내고 있다. 초전도 소자가 부담하는 소비전력은 사고주기에 따라 약간 증가하고 있음을 알 수 있다. 소비 에너지는 1, 3, 5주

기에서 각각 12[kJ], 28[kJ], 42[kJ]를 나타내고 있다.

그림 4는 사고주기 변화에 따른 자속구속형 전류제한기의 회복특성을 나타내었다. 사고주기가 1주기인 경우 초전도 소자의 회복시간은 0.13초, 3주기에서 0.29초, 5주기에서는 0.43초로 사고주기가 많아질수록 회복되는 시간은 비례하여 증가하고 있다. 초전도 소자가 갖고 있는 소비에너지는 회복되는 시간과 밀접한 관련이 있는 것으로 사료된다.

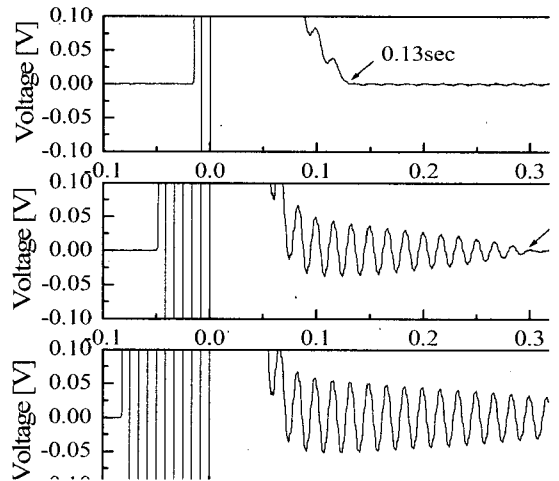


그림 4. 감극 결선한 자속구속형 SFCL의 회복특성 (63턴:42턴)
(a) 1주기 (b) 3주기 (c) 5주기

4. 결론

자속구속형 전류제한기의 2차측 권선수를 고정하고 사고주기를 변화하여 켄치특성과 사고 후 정상상태로 회복되는 특성을 측정하였다. 사고주기가 증가할수록 초기제한전류와 켄치시간은 변함이 없었다. 사고 후 회복되는 시간은 사고주기가 증가할수록 회복되는 시간은 증가하고 있다. 이것은 사고주기에 따라 초전도 소자의 소비에너지와 회복시간과의 밀접한 관계가 있음을 알 수 있다.

참고 문헌

- [1] H. S. Choi, H. R. Kim, O. B. Hyun, "Operating properties of superconducting fault current limiters based on YBCO thin films" *Cryogenics*, Vol. 41, p 163, 2001.
- [2] S. H. Lim, H. S. Choi, B. S. Han, "Operational Characteristics of a Flux-Lock-Type High-Tc Superconducting Fault Current Limiter With a Tap Changer" *IEEE Trans. on Appl. Supercond.*, Vol. 14, No. 1, p82, 2004.
- [3] T. Matsumura, H. Shinizu, Y. Yokomizu, "Design Guideline of Flux-Lock Type HTS Fault Current Limiter for Power System Application" *IEEE Trans. on Appl. Supercond.*, Vol. 11, No. 1, p1956, 2001.