

YBCO 박막을 이용한 3상 6.6kV 저항형 초전도 한류기 제작 및 시험

Fabrication and Test of the Three-Phase 6.6 kV Resistive Superconducting Fault Current Limiter Using YBCO Thin Films

심정욱*, 김혜림*, 박권배**, 강종성**, 이방욱**, 오일성**, 현옥배*

J. Sim, H. R. Kim, K. B. Park, B. W. Lee, J. S. Kang, I. S. Oh, O. B. Hyun

Abstract : We fabricated and tested a resistive type superconducting fault current limiter (SFCL) of three-phase 6.6 kV_{rms}/200 A_{rms} rating based on YBCO thin films grown on sapphire substrates with a diameter of 4 inches. Short circuit tests were carried out at a accredited test facility for single line-to-ground faults, phase-to-phase faults and three-phase faults. Each phase of the SFCL was composed of 8×6 elements connected in series and parallel respectively. Each element was designed to have the rated voltage of 600 V_{rms}. A NiCr shunt resistor of 23 Ω was connected to each element for simultaneous quenches. Firstly, single phase-to-ground fault tests were carried out. The SFCL successfully developed the impedance in the circuit within 0.12 msec after fault and controlled the fault current of 10 kA_{rms} below 816 A_{peak} at the first half cycle. In addition, in case of phase-to-phase fault and three-phase fault test, simultaneous quenches among the SFCLs of the phases successfully accomplished. In conclusion, the SFCL showed excellent performance of current limitation upon fault and stable operation regardless of the amplitude of fault currents.

Key Words: SFCL, fault current, YBCO thin film, simultaneous quench

1. 서 론

전력계통에서 사고전류가 차단기 차단내력을 상회하게 되면 사고전류를 안정하게 차단할 수 없어 전력계통 사고 발생시 해당 차단기 소손은 물론 인접 전력설비에까지 사고가 파급되어 경제적 손실을 입게 되고 전력공급의 신뢰성을 저하시키게 된다. 따라서 전력계통의 고장전류가 차단기 차단내력을 상회하게 되면 차단내력이 더 큰 고가의 차단기로 교체하거나, 또는 사고전류가 차단기 차단내력 이하가 되도록 사고전류 억제대책을 강구해야한다. 그러나 차단기 차단내력을 증대시키는 것은 차단기 구성요소 및 기술적인 제약에 따라 한계가 있다. 따라서 사고전류가 증대되어 기존

차단기 차단내력을 상회하게 되면 고임피던스 전력설비채용, 직렬한류리액터 설치, 2 모선운전, 모선분리 및 선로분리 등을 실시하여 사고전류를 억제해야 된다. 그러나 2 모선운전, 모선분리 및 선로분리와 같은 방안은 인접 전력계통 과부하, 전압변동 심화, 전력계통 안정도 저하 및 송전 유연성 결여 등 부작용이 따르게 되므로 이의 적용은 불가피한 경우를 제외하고는 피하는 것이 바람직하다[1].

최근 들어 이러한 문제를 해결하는 방안으로 초전도 한류기(Superconducting Fault Current Limiter: SFCL)가 제안되고 있다. 고온 초전도체를 이용한 전력기기의 개발은 현재 다양한 분야에 걸쳐서 진행되고 있다. 특히 고온 초전도 한류기의 경우 금명간 실용화가 가능한 기기중 하나로 자리 잡고 있다[2-6].

전력계통에서의 초전도 한류기는 다른 초전도 전력기기와는 달리 초전도 상태에서 상전도 상태로 전이되는 상황을 이용하는 전력기기이다. 초전도 한류기는 지락 및 단락, 뇌 서지 등의 고장전류 발생시 선로에 상전이로 인한 임피던스를 투입하여 전류를 제한하는 것으로, 필요에 따라 다양한 형태로 전력계통을 보호하며 계통의 안정 및 신뢰도를 높인다. 특히 수 msec 이내에 사고전류를 제한함으로써 차단기의 용량 증대 효과 내지는 교체 주기를 지연할 수 있고, 전력기기 기준 완화 및 계통의 신뢰도를 향상 시킬 수 있다. 특히 저항형 초전도 한류기는 부피 및 무게가 작고 기존 계통의 변경 없이 설치할 수 있어 고온 초전도 전력기기 중 가장 빨리 실용화될 것으로 예측되고 있다.

본 논문에서는 21C 프론티어연구개발사업의 차세대 초전도응용기술개발 과제 중 1단계 결과로 3상 6.6 kV 저항형 초전도 한류기의 개발에 대한 결과이다. 초전도 한류기의 재료로는 YBCO 박막을 사용하였고 모듈방식으로 제작하였다. 또한 전압등급 향상을 위한 직렬결선에 따른 동시퀀치를 위해 각 초전도 박막마다 NiCr로 제작된 분로저항(R_s)을 설치하였다[7]. 제작된 초전도 한류기의 시험은 공인된 시험 설비가 갖추어진 LG산전의 전력시험기술센터에서 진행하였고, 1선 지락, 선간단락, 3상 단락에 대한 세 가지 유형의 사고를 모의하였다. 특히 1선 지락 및 3상 단락사고의 경우 사고전류의 크기에 따른 시험을 진행하였다.

2. 3상 6.6 kV 초전도 한류기 제작

2.1. 단위소자가공

현재 저항형 한류기에 사용되고 있는 재료로는 주로 YBCO와 BSCCO-2223, BSCCO-2212 등이 있고 박막이나 벌크와 같은 다양한 형태로 사용되고 있다. 하지만 이러한 재료 자체를 초전도 한류기에 적용하기에는

* 정 회 원:한전 전력연구원 기술정책실 신기술센터

**정 회 원:LG 산전 전력연구소

원고접수:2004년 8월 13일

심사완료:2004년 8월 31일

부족한 부분이 많다. 따라서 한류기의 성능을 향상시키기 위해 재료의 가공 및 설계기술이 필요하고, 이러한 부분은 초전도 한류기 개발의 요소 기술로 매우 중요한 부분을 차지한다. 본 논문의 3상 6.6 kV 저항형 초전도 한류기의 경우 독일의 THEVA사에서 공급한 4 inch, sapphire/YBCO 300 nm/Au 140 nm 박막을 사용했지만 한전 전력연구원과 LG산전이 공동으로 전압 등급과 안정성 향상을 위한 2차 가공을 하였다. Fig. 1 은 3상 6.6 kV 저항형 초전도 한류기의 YBCO 단위소자로 2차 가공이 완료된 상태이다.

단위소자의 선폭은 박막의 면적 및 전압 등급을 고려하여 5 mm로 결정하였다. 이 경우 77 K에서 임계 전류 $I_c = 48$ A 혹은 $34 A_{rms}$ 를 갖게 되고, 상온 저항은 45~46 Ω 이 된다. 사고 발생시 초전도 단위소자의 국부적 온도상승이 퀘칭 전 과정에 걸쳐 250 K을 넘지 않도록 하는 전압을 정격 기준으로 정하였다[8]. 이러한 기준으로 볼 때 제작된 단위소자의 정격전압은 600 V_{rms} 이다. 하지만 초전도 한류기를 실제통에 투입하기 위해서는 초전도 한류기가 장기간 안정적으로 작동해야 계통보호의 기능을 올바르게 할 수 있다. 따라서 과전압 내력시험을 통해 내구성을 평가하였다. 시험은 정격전압의 2 배인 1.2 kV_{rms} 에서 사고각 0° 와 90° 에 대해 각각 50 회 반복 퀘칭 시험을 하였다. Fig. 2는 인가전압 1.2 kV_{rms} 의 경우 0° 와 90° 사고의 50회 반복 퀘칭시험 전과 후의 퀘칭 특성 결과이다. 그림에 나타나듯이 50회 반복시험 전과 후에 대해 단위소자의 성능에 변화가 없음을 알 수 있다.

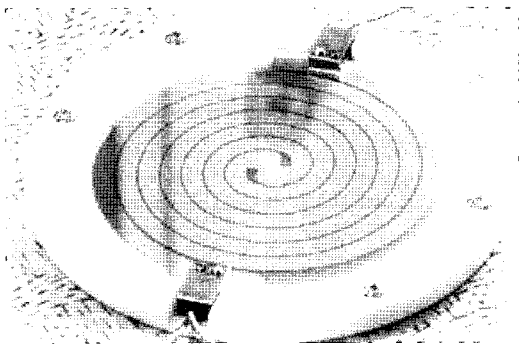
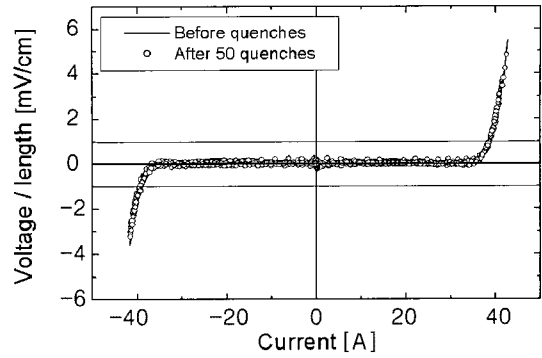


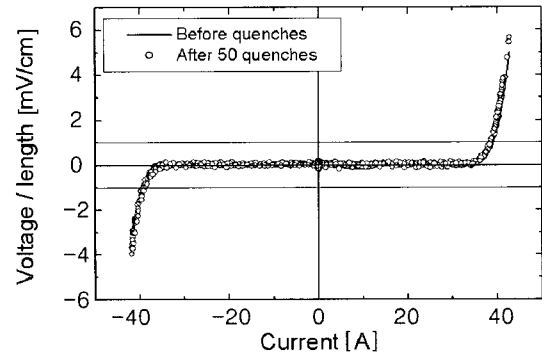
Fig. 1. An element of the 3 phase 6.6 kV_{rms} resistive SFCL.

2.2. 초전도 한류기 제작

3상 6.6 kV 저항형 초전도 한류기는 한 상당 8 직렬 후 6 병렬 형태로 제작하였다. 초전도 박막 한 장당 정격전압은 600 V_{rms} 이므로 8개를 직렬 결선할 경우 4.8 $kV/35$ A급의 1 set이 되고 내력전압 1.2 kV_{rms} 를 기준으로 보면 9.6 kV_{rms} 상당의 전압에도 견딜 수 있다. 6.6 kV_{rms} 의 단상이 3.8 kV_{rms} 임에도 4.8 kV_{rms} 로 상향 조정된 것은 선간 단락시 두 상의 초전도 한류기가 퀘칭 되어야 하는데 시차가 생겨 짧은 시간동안 임의의 단락된 상의 초전도 한류기에 선간전압 6.6 kV_{rms} 를 감당할 수 있기 때문이다. 하지만 사고 상의 초전도 한류기에 선간전압 6.6 kV_{rms} 가 인가되는 상황까지 고려하여 단위소자의 수를 늘일 경우 경제성이 떨어진다. 따라서 경제성과 과전압 내력 시험 결과를 고려하여 8개의 한류소자를 직렬 결선한 것이다. 또한 각 단위소자에는 23 Ω 의 R_S 가 있기에 모든 소자는 동시퀘칭되며 전압을 거의 균등 분담하므로 각 상당 충분한 전압용량을 가질 것으로 본다. 전류통전용량을 늘이기 위해 8직렬 결선되는 초전도



(a) fault angle 0°



(b) fault angle 90°

Fig. 2. I-V curves before and after 50 times quenches. (input voltage : 1.2 kV_{rms})

한류기 1 set를 6개 병렬 결선하면 단상 3.8 $kV_{rms}/200 A_{rms}$ 초전도 한류기가 된다. 따라서 단상 초전도 한류기 3개를 결선하여 3상 6.6 $kV_{rms}/200 A_{rms}$, 2.4 MVA급 한류기로 제작하였다. 제작된 저항형 초전도 한류기는 1기압 77 K의 액체질소를 갖는 저온용기 (open cryostat)에서 시험하였다. 저온용기는 퀘칭 시 급격한 압력상승에 대비하여 최대 5기압의 내력을 갖고, 1.3 기압에서 작동하는 안전밸브를 장착하였다.

Fig. 3은 제작된 저항형 초전도 한류기와 저온용기이다. 그림을 보면 초전도 한류기는 모듈방식으로 설계하여 조립을 용이하게 하였고 R_S 를 초전도 한류기와 일체형으로 제작하여 부피를 최소화하도록 하였다.

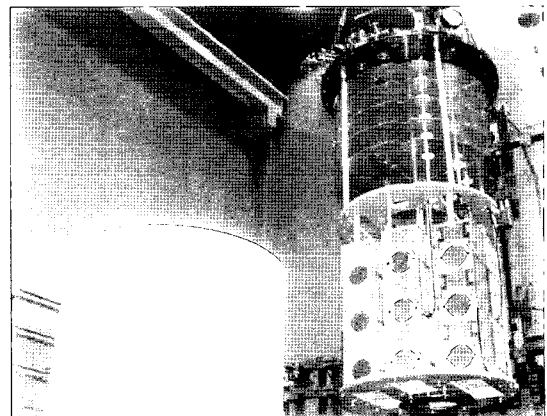


Fig. 3 Configuration of the 3 phase 6.6 kV_{rms} resistive SFCL.

3. 3상 6.6 kV 초전도 한류기 특성시험

3.1. 1선 지락 시험

전력계통의 사고는 지락사고가 전체 사고의 70~80%를 차지한다. 지락사고를 초기에 차단하지 못하면 건전상의 이상전압발생으로 다른 전력설비를 손상시키게 되고 이로 인해 단락사고로 발전하여 고장점을 직렬로 하는 전원측 변압기, 차단기 등의 수명을 단축시키거나 손상시키는 원인이 된다. 따라서 초기에 지락 사고 전류를 차단하는 것이 매우 중요하다.

Fig. 4는 3상 6.6 kV_{rms} 저항형 초전도 한류기의 특성 시험 항목 중 1선 지락 사고 시험의 결선도이다. 사고모의시험 특성상 타계통에 사고 외란이 파급되지 않도록 계통과 분리된 별도의 단락 발전기를 통해 실험하였다. 시험 방식은 초전도 한류기가 없는 상태에서 투입 전압과 사고전류의 크기를 조정한다. 그림에서 나타나는 바와 같이 전압은 MV 변압기의 탭 등을 통해 조정하고 사고전류의 크기는 가변 reactor를 이용하여 조정한다. 조정 작업을 마친 후 사고 형태에 맞는 회로를 구성한다. 사고는 ABB가 투입된 상태에서 Making S/W를 통해 발생시키고, 사고 주기이후 ABB를 차단하여 시험을 종료하게 된다. 1선 지락시험은 Fig. 4와 같이 세 개의 상 중에서 R상에 직렬로 결선된 한류기(SFCL)의 끝단을 접지 측에 결선하고, 나머지 S와 T상의 한류기 끝단은 부하저항 R_{load} 를 거쳐 접지에 결선하였다. 따라서 S상과 T상의 전류크기는 R_{load} 에 의해 제한되어 정상상태와 같이 운전이 되고, R상에만 지락사고가 모의된다. 여기서 부하저항 R_{load} 는 200 Ω 이고 접지 임피던스는 0.5 Ω 이하이다. 지락 시험은 사고전류 크기에 따른 한류 경향을 보기위해 사고전류의 크기를 4, 6, 8, 10 kA 순으로 증가시키면서 진행하였다.

Fig. 5는 사고전류 투입 직후 초전도 한류기가 동작한 사진이다. 사고 직후 초전도 한류기가 퀘칭되면서 열방출에 의해 냉매(LN₂)가 기화되고 있다.

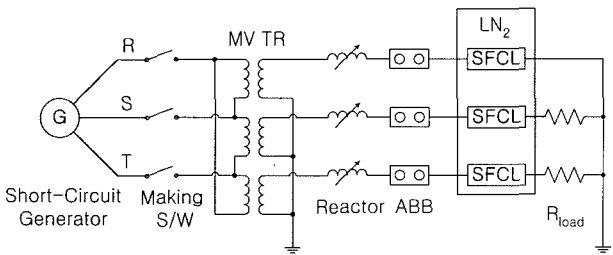


Fig. 4. Circuit diagram for the 3 phase 6.6 kV_{rms} single phase-to-ground fault test.

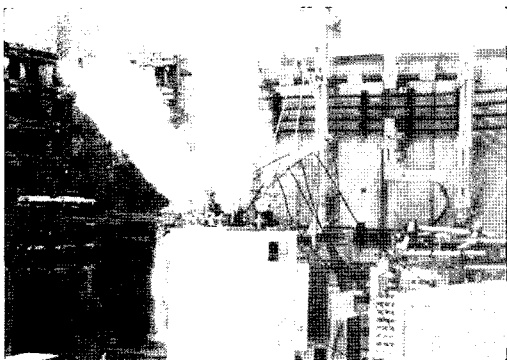
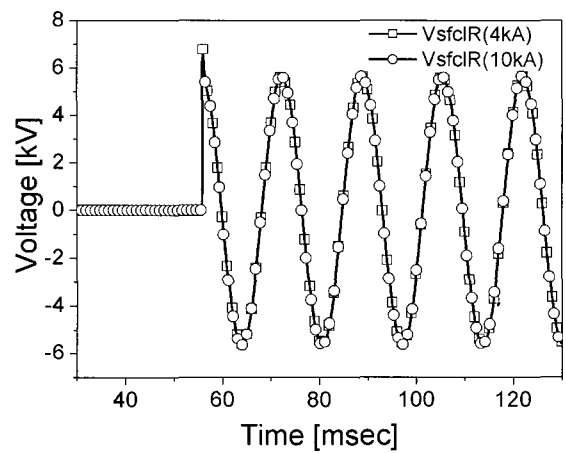


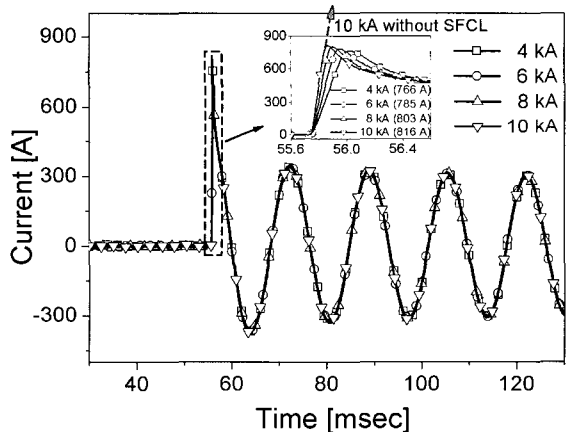
Fig. 5. SFCL right after fault.

Fig. 6은 3상 6.6 kV 1선 지락시험 결과이다. 지락사고는 R상을 기준으로 가장 가혹한 조건인 90° 시점에서 5 주기 동안 사고를 발생시켰다. 이 경우 R상의 초전도 한류기는 상전압이 인가되므로 Fig. 6의 (a)에서 보는 바와 같이 사고 발생 후 R상 초전도 한류기의 양 단전압 V_{sfclR} 을 보면 3.8 kV_{rms}임을 알 수 있다. Fig. 6 (b)의 전류파형을 보면 4~10 kA_{rms}의 사고전류에 대해 사고 발생 후 300 A_{peak} 수준으로 동일하게 제한되는 것을 알 수 있다. 이것은 초전도 한류기가 일정한 전압원에 대해 사고전류 크기와 상관없이 동일한 저항을 발생시키기 때문이다.

사고 전류의 크기가 증가할수록 전류의 상승속도도 빠르게 증가한다. 하지만 Fig. 6 (b)의 사고 발생시점을 확대한 그림에서 나타나듯이 초기 상승전류는 사고 전류 크기가 증가할수록 초전도 한류기에 의해 빠른 속도로 제한됨을 알 수 있다. 사고전류의 크기가 4 kA_{rms}일 경우 초기 상승 전류의 피크값은 766 A_{peak}이고 0.27 msec만에 제한되었고, 사고 전류의 크기가 10 kA_{rms} 일 경우에는 816 A_{peak}에 0.12 msec만에 제한되었다. 또한 사고전류 크기의 증가에 따른 초기 한류전류의 크기는 점차 포화되는 경향을 나타내고 있다. 이러한 상황을 종합해 볼 때 초전도 한류기는 사고전류의 크기와 무관하게 사고전류를 제한할 수 있을 것으로 판단된다.



(a) voltage (fault current 4 kA_{rms}, 10 kA_{rms})



(b) current (fault current 4, 6, 8, 10 kA_{rms})

Fig. 6. Test results of the 3 phase 6.6 kV_{rms} single phase-to-ground faults. (phase R)

3.2. 선간 단락 시험

Fig. 7은 선간단락을 모의한 회로이다. 그림을 보면 선간단락을 모의하기 위해 R, S상의 초전도 한류기의 부하 측 단말을 서로 단락시키고 T상의 한류기는 200 Ω의 R_{load} 를 거친 후 접지에 결선하였다. 앞에서 언급한 바와 같이 1선 지락 사고의 경우, 초전도 한류기에 의해 사고전류가 제한되면서 한류기 양단에는 상전압이 걸리게 된다. 하지만 선간단락의 경우는 다르게 된다. 선간 단락의 경우 Fig. 7에서 보는 바와 같이 단락된 두 상에 위치하는 초전도 한류기가 서로 직렬로 결선된 것과 같게 된다. 따라서 두 상의 초전도 한류기가 선간 단락 전류를 제한할 경우 1선 지락의 경우보다 $\sqrt{3}$ 배 높은 상전압이 인가된다. 그러나 두 상의 한류기가 동시에 켜치 되면 각 한류기가 분담하는 전압은 각각 1선 지락의 경우보다 $\sqrt{3}/2$ 배로 작아진다. 하지만 앞에서도 언급한 바와 같이 사고 발생시 시차가 발생하여 두 상의 한류기 중 어느 한 상의 한류기만 켜치될 경우 선간전압 전체가 한류기에 인가될 수 있으므로 설계시 주의해야한다.

Fig. 8은 3상 6.6 kV_{rms}, 사고전류 4 kA_{rms}의 경우 R, S 상의 선간단락을 실험한 결과이다. 시험 조건은 T상이 0°인 시점을 기준으로 5주기 동안 선간 단락 사고를 발생시켰다. Fig. 8 (a)의 각 상의 초전도 한류기 양단 전압 V_{sfclR} , V_{sfclS} , V_{sfclT} 를 보면 R상과 S상에서 동시에 전압이 발생하였고 T상에서는 전압이 발생하지 않음을 알 수 있다. 또한 선간 단락 시점에서 상승한 R상 한류기 양단의 초기 피크 전압은 -6.2 kV_{peak}이고 S상은 6.3 kV_{peak}이다.

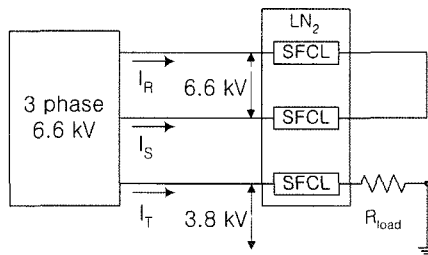


Fig. 7. Circuit diagram for the phase-to-phase fault test.

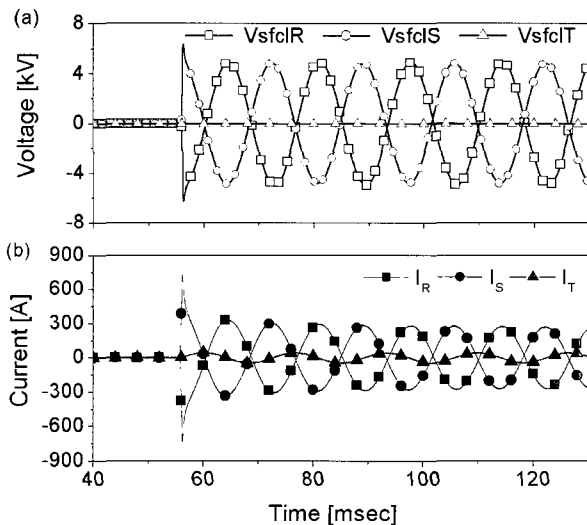


Fig. 8. Test results of the 3-phase 6.6 kV_{rms} phase-to-phase faults. (phases R-S, fault current : 4 kA_{rms}) (a) voltage (b) current

따라서 단락사고가 발생한 두 상의 한류기 양단에는 같은 크기의 전압이 인가됨으로 동시켄치가 되었음을 알 수 있다. 또한 5주기 이후 R, S 한류기의 양단전압은 4.7 kV_{peak}로 동일하며 양단 전압을 더하면 6.6 kV_{rms}로 선간전압이 R, S 한류기 양단에 동일하게 나누어짐을 알 수 있다. Fig. 8의 (b)를 보면 R상과 S상은 서로 직렬 결선으로 볼 수 있기 때문에 각 상에서 측정된 전류 I_R 와 I_S 의 절대값은 동일하게 나타났다. 단락사고 발생시 초기 피크 전류의 크기는 730 A_{peak}이고 5주기 후 270 A_{peak}수준으로 감소하였다.

3.3. 3상 단락 시험

송배전 선로에서 3상 단락 사고는 매우 드물지만 1선 지락 및 선간 단락 사고에 비해 사고전류의 크기가 크기 때문에 가장 가혹한 사고로 볼 수 있다. Fig. 9는 입력전압 6.6 kV_{rms} 3상 단락시험을 위한 회로도이다. 3상 단락 시험은 R상 기준으로 0°일 때 5주기 동안 발생시켰다.

3상 단락 사고가 발생하면 이에 따른 외란으로 인한 전기적, 기계적 과도현상을 수반하게 된다. Fig. 10에서 보는 바와 같이 초전도 한류기가 없는 상황에서 각 상의 사고전류를 보면 DC-offset성분이 추가됨을 알 수 있다. 이러한 직류성분은 단락이 발생하는 순간 각 상과 쇄교하던 자속에 의해 발생하게 되고, 전기자 시정수에 따라 감쇄한다. 본 시험을 진행한 시험소의 조건에서는 3상 6.6 kV_{rms}에서 R상 0°를 기준으로 단락 사고를 발생하면 1~10 kA_{rms} 사고전류의 경우 2.6~2.8배의 DC-offset 성분이 발생하게 된다.

Fig. 10에서 보는 바와 같이 초전도 한류기가 없는 상태에서 3상 단락 사고가 발생하면 DC-offset에 의한 영향으로 R상의 경우 최대 31 kA_{peak}까지 전류가 상승하므로 매우 가혹한 상황으로 볼 수 있다. Fig. 11은 Fig. 10의 3상 단락 사고 전류가 10 kA_{rms}일 경우 초전도 한류기에 의해 한류된 각 상의 전류 파형이다. S상의 경우 초기에 제한된 전류의 크기는 -480 A_{peak}이고 0.12 msec만에 전류가 제한되었다. 또한 사고발생 후 각 상의 전류는 160 A_{peak}로 매우 안정적으로 제한됨을 알 수 있다. 여기서 사고 발생 직후 DC-offset에 의한 영향이 큰 R상에 비해 S상의 전류가 큰 것을 알 수 있다. 이것은 사고발생 시점에서 R상의 전류상승 기울기가 DC-offset에 의한 영향으로 다른 상에 비해 현저히 낮기 때문이고, S상의 경우는 DC-offset에 의한 영향이 작아 기울기가 빠르기 때문이다. 따라서 3상 단락사고 시 초전도 한류기의 초기피크전류의 크기는 DC-offset 성분과 무관하게 사고직후 전류 상승 속도에 따라 결정된다. 또한 사고 직후 각 상의 초전도 한류기에는 저항이 발생하기 때문에 Fig. 11에서 나타내듯이 시정수가 매우 짧아지게 되므로 DC-offset에 의한 영향도 거의 볼 수 없게 된다.

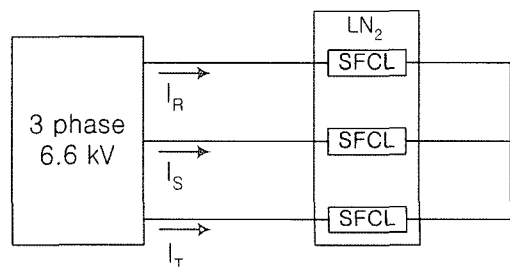


Fig. 9. Circuit diagram for the 3 phase faults test.

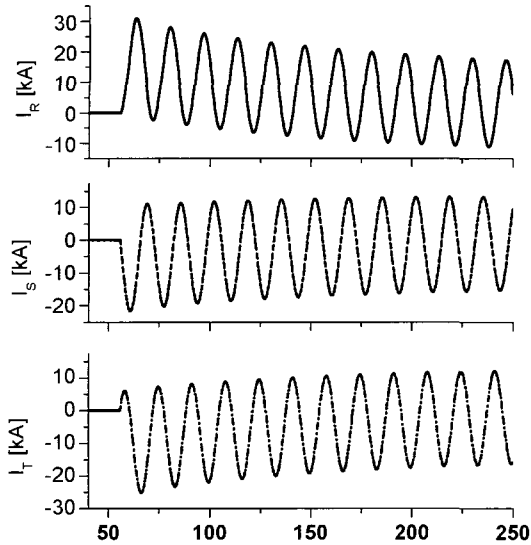


Fig. 10. Fault current of each phase. (input voltage : 3 phase 6.6 kV_{rms}, fault current : 10 kA_{rms})

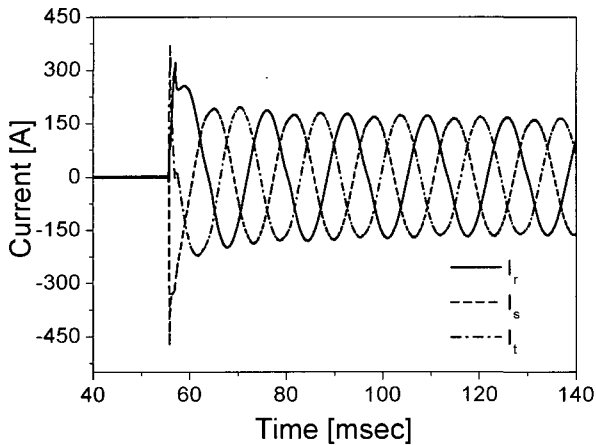


Fig. 11. Current limitation by SFCL when the fault current was 10 kA_{rms}.

4. 결 론

본 논문에서 기술한 바와 같이 YBCO 박막을 이용하여 3상 6.6 kV_{rms} 저항형 초전도 한류기의 600 V_{rms}급 단위소자를 제작하였다. 각 단위소자에는 동시 켄치를 위해 23Ω의 NiCr 분로저항을 설치하였고, 한상당 8직렬 후 6병렬 형태의 단상 초전도 한류기를 모듈방식으로 제작하여 각 상에 배치하였다.

특성시험 결과 4~10 kA_{rms}의 사고전류에 대해 사고전류 크기와 상관없이 초전도 한류기가 동작하였다. 선간 단락 및 3상 단락시험에서는 사고발생 직후 사고상의 초전도 한류기들이 각 상별로 동시켄치를 이루었으며 성공적이고 안정적으로 사고전류를 0.12 msec 이내에 한류함을 증명하였다.

감사의 글

본 연구는 21세기 프론티어 연구개발사업인 차세대 초전도 응용기술개발 사업단의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

참 고 문 헌

- [1] 김준환, 이강완, "고장전류 증대와 대응 방안," 전기저널, 256, pp.19-25, 1998
- [2] 김용학 외, "전력계통에서의 초전도 한류기 설치를 위한 기초연구," 한국초전도·저온공학회 논문지, 4권, 2호, pp.38-41, 2002
- [3] B. Gromoll, G. Ries, W. Schmidt et al., "Resistive fault current limiters with YBCO films-100kV functional model", *IEEE Trans. Appl. Supercond.*, Vol.9, No.2, pp.656-659, 1999
- [4] J. Noudem, J. M. Barbut, O. Belmont et al., "Current limitation at 1080 A under 1100 V with bulk Bi-2223", *IEEE Trans. Appl. Supercond.*, Vol.9, No.2, pp.664-667, 1999
- [5] S. Elschner, F. Breuer, M. Noe et al., "Manufacturing and testing of MCP 2212 bifilar coils for a 10 MVA fault current limiter," *IEEE Trans. Appl. Supercond.*, Vol.13, No.2, pp.1980-1983, 2003
- [6] K. Tekletsadik, M. P. Saravolac and A. Rowley, "Development of a 7.5 MVA Superconducting Fault Current Limiter," *IEEE Trans. Appl. Supercond.*, Vol.9, No. 2, pp.672-675, 1999
- [7] O. B. Hyun, S. D. Cha, H. R. Kim et al., "Shunt-Assisted Simultaneous Quenches in Series-Connected Resistive SFCL Components," *IEEE Trans. Appl. Supercond.*, Vol.13, No.2, pp.2060-2063, 2003
- [8] 최효상, 김혜림, 현옥배, "YBCO 박막을 이용한 초전도 한류기의 안정적인 동작조건," 전기학회 논문지, 49B권, 9호, pp.584-590, 2000

저 자 소 개



심정욱(沈政煜)

1970년 10월 19일생. 1996년 순천향대 전기공학과 졸업, 2002년 동대학원 전기공학과 졸업(공학박사), 현재 한전 전력연구원 위촉연구원.



김혜림(金蕙林)

1957년 3월 15일생. 1979년 서울대 물리학과 졸업, 1981년 미 아이오와 주립대 대학원 물리학과 졸업(석사), 1991년 미 코넬대 대학원 물리학과 졸업(이학박사), 현재 한전 전력연구원 선임연구원



현옥배(玄錕培)

1953년 02월 11일생. 1976년 연세대 물리학과 졸업, 1987년 미 아이오와 주립대 물리학과 졸업(이학박사), 현재 한전 전력연구원 책임연구원.



박권배(朴權培)

1972년 11월 09일생. 1998년 전남대학교 유전공학과 졸업, 2000년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학석사), 현재 LG산전 전력연구소 주임연구원.



강종성(姜種成)

1972년 05월 15일생. 1996년 한양대학교 전기공학과 졸업, 1998년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학석사), 현재 LG산전 전력연구소 주임연구원.



이방욱(李昉昱)

1968년 06월 20일생. 1991년 한양대학교 전기공학과 졸업, 1993년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학석사), 1998년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학박사), 현재 LG산전 전력연구소 책임연구원.



오일성(吳一成)

1960년 12월 22일생. 1986년 연세대학교 금속공학과 졸업, 1990년 미시간주립대학원 재료공학과 졸업(공학석사), 1995년 동 대학원 재료공학과 졸업(공학박사), 현재 LG산전 전력연구소 책임연구원.