변압기형 초전도 한류기의 부담 감소를 위한 전압 제어 방법

정병익, 정인성, 이유경, 정재준, 채정은, 최효상
조선대

Voltage control method for reducing the burden of the transformer type SFCL

Byung-Ik Jung, In-Sung Jeong, Yu-Kyeong Lee, Jae-jun Jung, Jeong-Eun Chai, Hyo-Sang Choi
Chosun University

Abstract - 변압기형 초전도 한류기는 변압기의 2차 측을 개방하여 임피던스를 발생시키고 이때 유기되는 임피던스에 의해 계통의 고장전류를 제한한다. 본 논문에서는 변압기 2차 측 개방시 발생하는 고전압을 분배하기 위한 연구이다. 변압기 2차 측에 전력용 반도체 소자를 직렬로 연결하고 계통 사고시 동시 동작하여 2차 측을 개방하도록 구성하였다. 그 결과 의 변압기 2차 측의 개별 스위칭이 이루어져 전압이 분배됨을 확인하였다.

1. 서 론

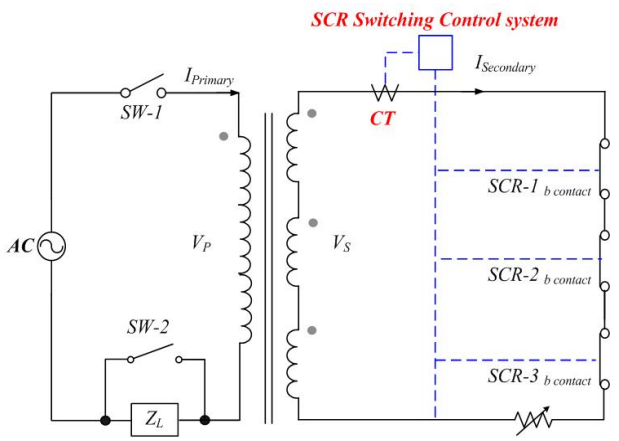
전력 수요의 지속적인 증가로 인하여 전력 설비들의 증설 또한 급격히 증가하고 있다. 이러한 상황에서 발전설비에 비해 송전설비의 증가 비중은 그 수요를 따르지 못하고 있어 장거리 대전력 전송이 불가피한 상황이다. 하지만 대전력 전송시 사고가 발생하게 되면 큰 사고전류가 흐르게 되어 계통의 안정도를 저하시킨다. 이러한 사고전류를 줄이기 위한 대책이 초전도 한류기이다[1-3].

본 논문에서는 변압기형 초전도 한류기의 전력부담을 감소시키기 위한 방안에 대한 연구를 진행하였다[4]. 변압기형 초전도 한류기는 변압기 2차측 코일의 개로 동작을 통해 임피던스를 발생시켜 계통 사고시 사고전류를 제한한다. 기존 변압기형 초전도 한류기는 초전도체를 이용하여 개로 동작을 수행하였다. 하지만 이 경우 개폐 서지로 인하여 초전도체에 큰 전압이 유기되어 부담이 증가하게 되는 단점이 있다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 본 연구에서는 변압기 2차 측에 전력용 반도체 소자를 적용하여 전압 분배를 유도하였다.

2. 본 론

2.1 실험 방법 및 구성

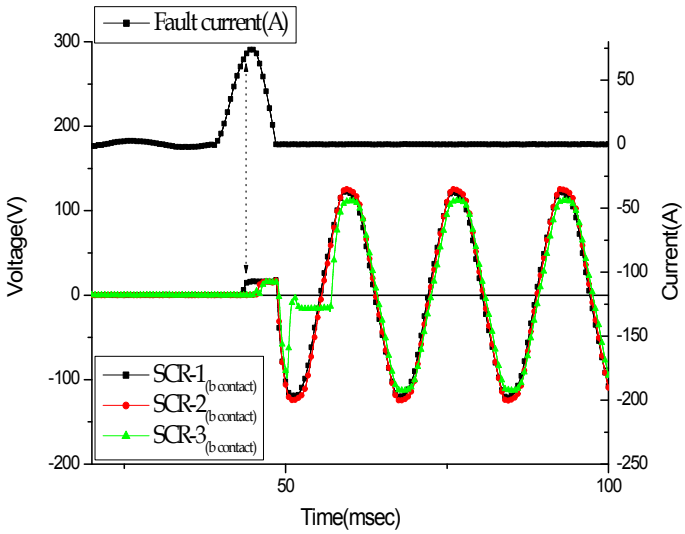
변압기형 초전도 한류기의 전력 부담을 감소시키기 위하여 그림 1과 같이 변압기 2차 측 권선에 직렬로 전력용 반도체(silicon controlled rectifier: *SCR*)를 이용한 스위칭 소자를 설치하였다. 각각의 스위칭 소자는 동시 동작형으로 SCR 제어 시스템에 의해 동작한다. SCR 제어 시스템은 계기용 변류기(current transformer: *CT*)에 의해 사고를 감지하고 설정값 이상의 사고전류가 유입되게 되면 동작하여 스위칭 소자를 동작시킨다. 건전 상태의 부하 임피던스(Z_L)는 50Ω을 사용하였고, 초기 사고전류의 제한을 위한 초전도체도 직렬로 삽입되었다. 변압기 1, 2차의 권수비는 1:1로 설정하였다. 변압기 1차 측 선로의 *SW-1*은 전원을 인가하기 위한 스위치이고, *SW-2*는 사고 발생 모의를 위한 스위치이다.



<그림 1> 변압기형 초전도 한류기의 실험 회로도

2.2 실험 및 고찰

본 실험은 전원전압 360V에서 진행되었다. 변압기 1차와 2차의 권수비가 같으므로 2차 측 전체 전압은 360V가 유기되어야 한다. 사고유형은 계통내 발생빈도가 가장 많은 1선 지락사고를 모의하였다. 그림2는 사고전류의 크기와 변압기 2차 측 스위칭 소자의 양단 전압을 비교한 전압 전류 곡선을 나타낸다. 그림 2에서 사고전류의 크기는 사고 발생 후 5.45msec가 지난 시점에서 최대값인 74.45A를 나타내었다. 이 결과로 우선 사고전류 제한률은 약 80% 정도로 안정적인 전류제한 동작이 이루어짐을 확인할 수 있었다. 본 논문에서 주안점을 둔 변압기 2차측 권선의 전압 분배를 그림 2에서 알 수 있듯이 *SCR-1, SCR-2, SCR-3*의 양단에 각각 125.73, 122.97, 110.95V가 유기됨으로써 전압이 분배됨을 확인할 수 있었다. 기존 초전도체만 적용된 경우는 초전도체 양단에 전원 전압과 같은 크기의 전압이 유기되면서 그 부담을 오로지 초전도체만으로 감당해야만 했다. 하지만 본 논문에서 제안하는 구조의 변압기형 초전도 한류기는 SCR로 이루어진 스위칭 소자의 동작으로 인하여 그 부담을 현저히 감소시킬 수 있었다. 다만 동시 동작되게 설정된 *SCR*이 스위칭 반주기 동안 다소 차이를 보임을 볼 수 있었다. 이것은 개폐서지로 인한 일시적인 현상으로 사료된다. 추후 이에 대한 연구가 병행되어야 할 것으로 사료된다.



<그림 2> 사고전류 및 변압기 2차측 SCR 전압 곡선

3. 결 론

본 논문에서는 변압기형 초전도 한류기의 전력 부담 감소를 위한 방을 제시하였다. 변압기형 초전도 한류기의 경우 변압기 2차 측 개방시 스위칭 서지(surge)로 인하여 큰 전압이 유기된다. 이때 2차 측 권선과 직렬 연결된 초전도체에 큰 부담을 주게 된다. 이러한 초전도체의 부담을 감소시키기 위해서 본 연구에서는 변압기 2차 측에 *SCR* 스위칭 소자를 설치하였다. 직렬로 연결된 *SCR* 스위칭 소자는 계통 사고시 동시 동작하여 개방시 발생하는 서지를 분배하여 부담하게 된다. 각 접점이 동시 개극 함으로써 각각의 접점에 가해지는 전압을 일정하게 부담하게 되는 것이다. 이로써 변압기형 초전도 한류기의 초전도체의 부담을 감소시킬 수 있음을 확인하였다. 하지만 동시 동작되어야 할 SCR 스위칭 소자가 스위칭 반주기 동안은 다소 불확실한 동작을 수행하기도 하였다.

이것은 개극 과정에서 생기는 큰 전압으로 인하여 재폐로 동작이 일어나기 때문이다. 확실한 동작을 위해 추후 이 문제에 대한 추가적인 연구가 이루어져야 할 것으로 판단된다. 또한 *SCR*을 제어하기 위한 설비가 추가적으로 증가한다는 단점이 생기지만 향 후 실계통 적용시 고가의 초전도체 부담을 감소시킴으로써 초전도체의 사용을 줄이 수 있어서 경제적인 부담을 다소 줄일 수 있을 것이라 판단한다.

감사의 글

본 연구는 교육부와 한국연구재단의 지역혁신인력양성사업으로 수행된 연구결과임 (No. NRF-2013H1B8A2032246)

이 논문은 2015년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임 (No. NRF-2013R1A1A2010202)

[참 고 문 헌]

[1] Hyo-Sang Choi, Yong-Sun Cho, Sung-hun Lim, "Operational characteristics of hybrid-type SFCL by the number of secondary windings with YBCO films", IEEE Trans. Appl. Supercond., vol. 16, pp.719-722, June 2006

[2] 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. Supercond., vol. 17, pp. 1823-1826,2007.

[3] Hyo-Sang Choi, Na-Young Lee, Young-Hee Han, Tae-Hyun Sung, and Byoung-Sung Han, "The Characteristic Analysis Between Flux-Coupling and Flux-Lock Type SFCL According to Variations of Turn Ratios", IEEE Trans. Appl. Supercond., vol.18 ,no.2,pp.737-740,2008.

[4] Hyo-Sang Choi, Byung-Ik Jung, Yong-Sun Cho, "Transient characteristics of a Flux-Coupling type Superconducting fault current limiter according to winding direction", IEEE Trans. Appl. Supercond., vol.. 19, pp.1827-1830, June 2009