

초전도 전류제한기의 회복시간이 리클로저의 동작에 미치는 영향 분석

(Analysis on Recloser's Operation Dependent on Recovery Time of Superconducting Fault Current Limiter (SFCL))

유일경* · 김진석 · 김명후 · 임성훈 · 문종필 · 김재철

(Il-Kyoung You · Jin-Seok Kim · Myoung-Hoo Kim · Sung-Hun Lim · Jong-Fil Moon · Jae-Chul Kim)

Abstract

대용량 변압기의 교체시 고장전류 증가 문제를 해결하기 위한 방안 중 하나로 초전도 전류제한기를 설치하는 방안을 검토하고 있다. 이와 같은 고장전류저감을 위해 초전도 전류제한기를 배전계통에 도입하기 전에 고장전류 제한효과를 비롯하여 초전도 전류제한기의 임피던스에 따른 기존의 보호기기와의 보호협조를 고려할 필요가 있다. 그 중에서도 초전도 전류제한기 임피던스에 따라 초전도 전류제한기의 회복시간이 다르게 되며, 이로 인해 리클로저의 동작에 영향을 미치게 된다. 본 논문에서는 이에 대한 선행연구로서, 모의 배전계통에 초전도 전류제한기를 적용하였을 경우 초전도 전류제한기의 저항 크기에 따른 초전도 전류제한기의 회복시간을 비교하였으며 리클로저의 동작에 미치는 영향을 분석하였다.

1. 서 론

배전계통에서 전력수요의 증가와 분산전원의 증가로 대용량 전력공급을 위해 송·변전설비의 확충과 용량 증대가 요구되고 있다. 하지만, 전력부하가 집중된 도심의 경우 기존 설비의 용량증대를 위한 증설방안으로 경제적인 부담과 공간적인 제약으로 대용량 변압기의 적용이 불가피하게 되었다. 반면에, 대용량 변압기로 교체할 경우 배전계통의 고장전류가 증가되어 기존에 설치된 차단기 및 보호기기의 차단용량 초과로 인해 교체에 따른 경제적 비용 상승이 우려된다[1].

따라서, 대용량 변압기의 교체시 고장전류 증가 문제를 해결하기 위한 방안 중 하나로 상전도 한류기를 도입하는 방안이 있다. 상전도 한류기는 고장전류를 제한하고, 이로 인해 기존차단기 및 보호기기를 사용할 수 있게 된다. 하지만, 일반적인 상전도 한류기를 설치하면 평상시에는 낮은 임피던스 때문에 전력손실이 발생하는 단점을 갖는다. 이러한 단점을 보완하고자 초전도 전류제한기를 도입하는 방안이 연구되고 있다. 초전도 전류제한기는 평상시 초전도 상태로 임피던스가 제로이므로 전력 손실이 없고, 고장 발생시 빠르게 고장을 감지하여 신속한 임피던스 발생으로 고장전류를 제한함으로써 기존의 설치된 보호기기의 부담을 감소시켜 줄 뿐만 아니라 전력계통을 안전하게 보호할 수 있고, 차단용량이 초과되는 차단기 및 보호기기를 교체하지 않아도 되므로

경제적으로 큰 효과를 기대할 수 있다[2-7]. 이와 같은 장점을 갖는 초전도 전류제한기를 고장전류저감을 위해 배전계통에 도입할 경우 도입위치를 비롯하여 초전도 전류제한기의 켜치발생에 따른 임피던스가 다르게 되며, 임피던스 크기에 따라 초전도 전류제한기의 회복시간이 달라져 리클로저의 동작에 영향을 미치게 된다 [8-9].

본 논문에서는 초전도 전류제한기의 저항발생 크기에 따른 초전도 전류제한기 회복시간변화가 리클로저의 동작에 미치는 영향을 모의단락실험을 통하여 분석하였다.

2. 본 론

2.1 모의 배전계통 실험 회로도

초전도한류기의 회복시간이 리클로저의 동작에 미치는 영향을 분석하기 위하여 변압기, 차단기 및 리클로저를 이용하여 그림 1과 같이 모의 배전계통을 구성하였으며, 선로임피던스를 포함한 부하사양은 표 1과 같다.

초전도전류제한기를 피더에 설치하여 모의단락실험을 실시하였으며, 고장기간동안 고장전류크기에 따른 초전도 전류제한기 저항변화와 이에 따른 리클로저의 동작 특성을 비교 분석하였다.

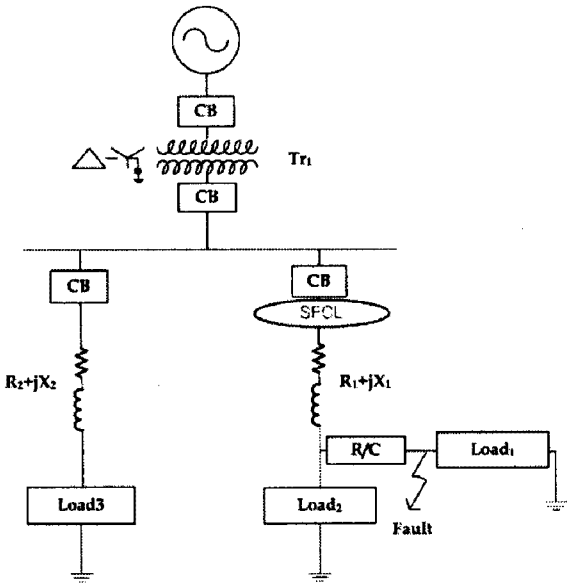


그림 1. 모의 배전계통 실험 회로도
Fig. 1. Experiment circuit of power distribution system

표 1. 모의 배전계통의 설계 파라미터
Table 1. Design parameters of experiment circuit for power distribution system

변압기 (Tr1)	Value	Unit
N1 : N2	3 : 1	
%Z	j5	
선로	Value	Unit
R1+jX1	0.097+j0.685	Ω
R2+jX2	0.14+j1.048	Ω
부하	Value	Unit
Load1	41.2 \angle 2.62	Ω
Load2, Load3	10.47 \angle 10.37	Ω

2.2 실험 결과 및 고찰

그림 2는 초전도 전류제한기의 저항 발생 크기에 따른 회복시간을 나타낸다. 그림 2에서 확인할 수 있는 바와 같이 초전도 전류제한기의 저항이 크게 증가할수록 고장제거시 긴 회복시간이 필요한 것을 확인할 수 있다.

그림 3은 고장시 리클로저의 리클로징 타임의 변화에 따라 초전도 전류제한기의 회복시간이 재폐로시 리클로저의 동작에 미치는 영향을 분석하였다. 재폐로 이전에 초전도 전류제한기의 회복이 완료되면 재폐로시 전류는 과도성분이 크게 나타나 서지가 많이 일어나는 것을 확인할 수 있다. 반면에 초전도 전류제한기의 회복이 재폐로 이전에 완료되지 못할 경우에는 재폐로시 과도성분이 작게 나타나 고장전류의 서지가 작게 발생하는 것

을 확인할 수 있다. 이로 인해 초전도 전류제한기의 회복여부에 따라 고장전류의 과도성분이 변하게 되며 이로 인해 리클로저의 동작에 영향을 미치는 것을 확인할 수 있다.

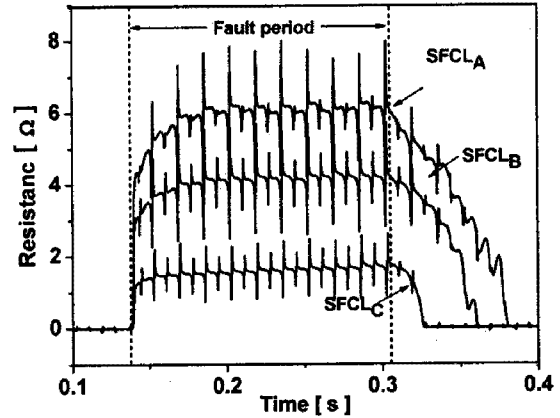


그림 2. 초전도 전류제한기의 회복시간
Fig. 2. Recovery time of superconducting fault current limiter

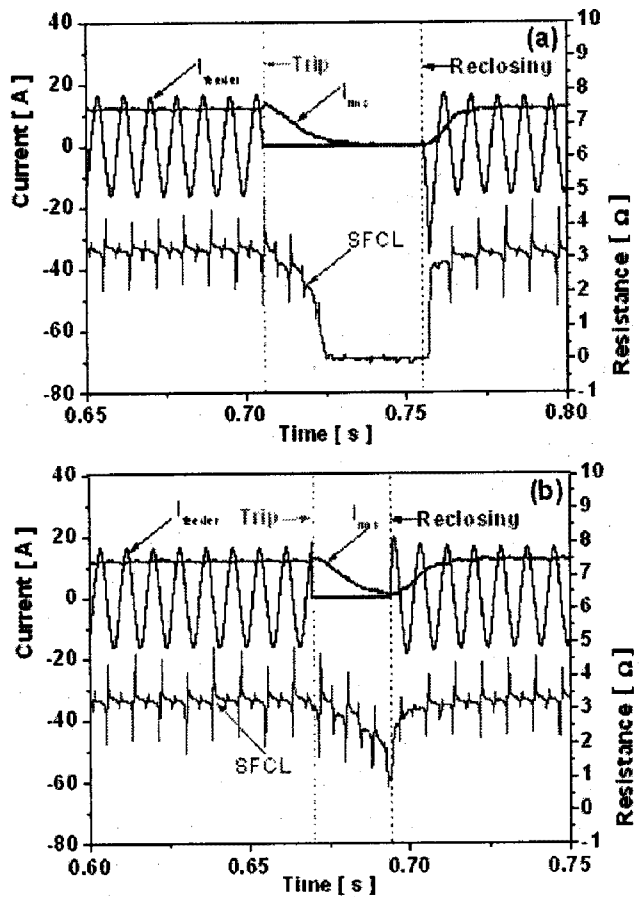


그림 3. 피더 전류 및 초전도 전류제한기의 저항
(a) 리클로징 타임 = 0.1초
(b) 리클로징 타임 = 0.05초
Fig. 3. Feeder current and resistance of SFCL
(a) Reclosing time = 0.1s
(b) Reclosing time = 0.05s

3. 결 론

본 논문에서는 초전도 전류제한기의 회복시간이 리클로저의 동작에 미치는 영향을 단락모의실험을 통하여 분석하였다.

초전도 전류제한기의 회복이 재폐로 이전에 완료되면 재폐로시 전류는 과도성분이 크게 나타나는 것을 확인할 수 있었으며, 반면에 초전도 전류제한기의 회복이 재폐로 이전에 회복이 완료되지 않을 경우 과도성분이 작게 나타나 서지가 적게 일어나는 것을 확인할 수 있다. 반면에, 재폐로 이전에 초전도 전류제한기의 회복이 완료되지 않을 경우 부담이 증가되는 것을 확인할 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 지식경제부의 지원에 의하여 기초전력연구원(R-2008-38) 주관으로 수행된 과제입니다.

참 고 문 헌

- [1] 김진석, "배전변전소에 대용량 변압기 설치시 초전도 전류 제한기 적용방안 연구," 숭실대학교 일반대학원[1] 김준환, 이강완, "전력계통 고장전류 증대와 대응방안", 전기저널, pp. 19-31, 1998
- [2] 조승식, "최신 배전시스템 공학", 북스힐, pp. 396-469, 2006
- [3] O. B. Hyun, H. R. Kim, Y. S. Yim, J. Sim, K. B. Park, I. S. Oh, "Domestic Efforts for SFCL Application and Hybrid SFCL," Progress, Superconductivity, vol. 10, no. 1, pp. 60-67[3] B. Gromoll, G. Ries, W. Schmidt, H.-P. Kraemer, B. Seebacher, B. Utz, R. Nies, and H.-W. Newmuller, "Resistive fault current limiter with YBCO films-100 kVA functional model," IEEE Trans. Appl. Supercond., Vol. 9, No. 2, pp. 656-659, June. 1999
- [4] Sung-hun Lim, "Operational Characteristics of Flux-Lock Type SFCL With Series Connection of Two Coils," IEEE Trans. Appl. Superconduct., Vol. 17, No. 2, June. 2007
- [5] T. Hara, T. Okuma, T. Yamamoto, D. Ito K. Tasaki, and K. Tsurunaga, "Development of a new 66.kV/1500A class superconducting fault current limiter for electric power system," IEEE Trans Power Delivery, Vol. 8, No. 1, pp. 182-192, Jan. 1993.
- [6] H.-R. Kim, S.-W. Yim, O.-B. Hyun, J. Sim, and S.-Y. Oh, "Analysis on recovery characteristics of superconducting fault current limiters," MT-20 Conference on Magnet Technology
- [7] H. Kameda, and H. Taniguchi, "Setting Mothod of Specific Parameter of a Superconducting Fault Current Limiter Considering the Operation of Power System Protection," IEEE Trans. Appl. Superconduct., Vol. 9, No. 2, June. 1999
- [8] I. K. You, J. S. Kim, M. H. Kim, S. H. Lim, J. F. Moon, J. C. Kim, "Current Limiting Characteristics due to Location of Superconducting Fault Current Limiter in Power Distribution System," KIEE Spring Annual Conference 2009

- [9] J. M. Ahn, J. S. Kim, J. F. Moon, S. H. Lim, J. C. Kim, "Analysis on the Protective Coordination in Power Distribution System with Superconducting Fault Current Limiter," Trans. KIEE. Vol. 57, No. 5, pp. 755-760, May, 2008.