

초전도 한류기 적용을 통한 모의 송전계통의 고장 전류 저감 분석

김명현*, 김진석*, 임성훈*, 김재철* 추동욱**
 숭실대학교* 국제대학교**

Analysis of Transmission Power System with Superconducting Fault Current Limiter for Reducing a Fault Current

Myong-Hyon Kim*, Jin-Seok Kim*, Sung-Hun Lim*, Jae-Chul Kim*, Dong-Wook Choo**
 Soongsil University* Kookje College**

Abstract - Lately, the demand for electrical power has been significantly increased. As a result a power transmission system has been improved. On the other hand fault current increased more than past. Superconducting fault current limiter (SFCL) is one of the solutions to limit fault current. However, SFCL's research has not advanced in a power transmission system fully.

Therefore, we studied effect of SFCL in a power transmission system. The power distribution system is open-loop circuit, but a power transmission system is closed-loop system. Consequently, Fault current in a power transmission system is larger than fault current in a power distribution system. we exerimented a simple closed-loop power transmission system circuit.

1. 서 론

전력수요의 증가로 인해 보다 안정적인 전력 공급의 문제가 대두되었고, 이로 인해 현재 적용되어 있는 변압기의 대용량화가 논의되고 있다. 변압기의 대용량화는 회로 임피던스의 감소를 유도하고 이로인한 고장전류의 증가를 초래하고 있다. 이러한 결과로 기존에 적용되어 있던 차단기 및 보호기기들의 동작 특성을 변화시켜 기존의 기기들이 계통 내에서 오동작이나 부동작 등의 문제를 야기 시킬 것으로 예상된다. 위의 문제를 해결하고 계통의 안정적인 운영을 위하여 고장전류를 감소시킬 수 있는 방법으로 초전도 한류기에 대한 연구가 진행 중이다 [1-3].

이와 같은 이유로 시작된 초전도 한류기의 연구가 현재는 송전급 계통에 이용 가능한 초전도 한류기 개발로 확장 되고 있다. 송전급 계통의 경우 신뢰도 향상 등을 위한 계통 연계가 필수불가결하고 이로 인한 고장전류의 증가 또한 필연적이다. 그러므로 송전급 계통에서도 초전도 한류기 적용을 통한 고장전류 저감 효과를 기대하고 있고 기술적인 문제로 인하여 배전급에서만 사용할 수 있었던 초전도 한류기가 지속적인 연구, 개발을 통해 송전급 계통에서 적용 가능한 초전도 한류기의 개발이 예상되고 있다 [4]. 이러한 현재의 시점에서 송전급 초전도 한류기 개발 이후 실제 선로에 초전도 한류기 적용 시 원활한 적용을 위하여 초전도 한류기가 송전계통에 적용되었을 때의 효과 및 영향을 분석해 보았다.

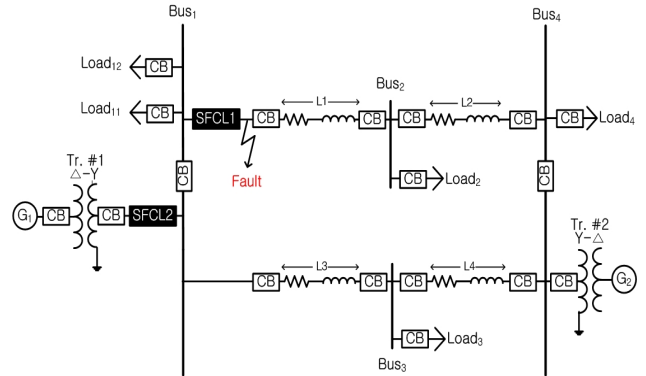
2. 본 론

2.1 모의 실험 회로 구성

송전급 계통의 경우 계통연계를 통한 다양한 이점을 얻기 위해 폐회로로 구성하고 그 비율 또한 매우 높다. 따라서 간단한 폐회로로 구성하고 초전도 한류기를 적용해보으로써 폐회로 내에서 초전도 한류기의 적용 효과를 확인해 보았다. 폐회로내에서 초전도 한류기의 적용 효과를 확인하기 위해 그림 1과 같이 모의 실험 회로를 구성하였다.

이 모델링 회로에서 사용된 초전도 한류기는 저항형을 사용하였으며 초전도 한류기는 적용 위치에 따라서 적용 효과가 다르게 나타난다 [5]. 폐회로 구성에서의 초전도 한류기 적용 위치에 따른 효과 및 영향을 확인하기 위하여 초전도 한류기 적용 위치를 2가지 경우에 대해 가정을 하였다. 2가지 경우의 초전도 한류기 적용 위치 선정은 변압기 2차 측과 선로의 경우를 가정하였다. 본 논문의 모델링 회로에서 초전도 한류기의 적용 위치는 선로1(L1) 앞 (SFCL1)과 Tr. #1의 2차측 (SFCL2)을 선정 및 적용하였다.

초전도 한류기는 초전도 소자가 발생시키는 상전도 저항의 크기에 따라 회로에 나타나는 영향이 다르다. 본 논문에서 실험에 사용된 초전도 소자는 약 2 [Ω]의 최대 상전도 저항을 보였다 [5,6]. 실험은 단상 실험을 진행하였으며 고장의 유형은 지락 고장이다.



<그림 1> 폐회로로 구성된 계통에 초전도 한류기를 적용시 효과를 확인하기 위한 모델링 회로

<표 1> 모델링 회로의 data

구분	임피던스 (Base 100 [MVA])
변압기	1 [kVA], j18 [%] (self base)
선로	L1, L3 = 0.42 + j0.66 [Ω]
	L2, L4 = 0.85 + j1.47 [Ω]
부하	L11, L3 = 40 [Ω]
	L12, L2 = 10 [Ω]
	L4 = 5 [Ω]

2.2 실험 결과 및 분석

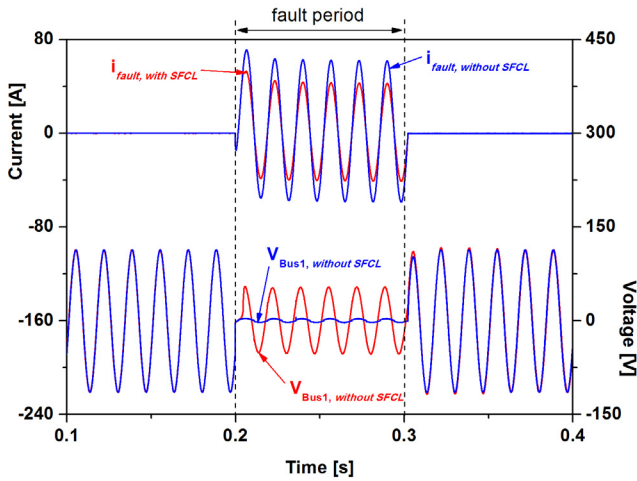
폐회로로 구성된 그림 1의 모델링 회로를 이용하여 실험을 진행하였고, 실험 결과를 통해 초전도 한류기의 적용 위치에 따라 결과를 확인하였다. 이 결과들을 통해 폐회로 구성에서 초전도 한류기 적용시 효과 및 영향을 분석하였다.

2.2.1 선로1(L1) 앞 적용시 적용효과 (SFCL1)

초전도 한류기를 모델링 회로의 선로1(L1) 앞에 적용(SFCL1)한 후 실험을 하였고 실험 결과는 그림 2를 통해 나타내었다. 실험 결과 분석은 다음과 같다.

그림 2의 상단의 그래프는 초전도 한류기 미적용시와 적용시의 고장 전류를 나타낸다. 초전도 한류기 미적용시와 초전도 한류기 적용시 과도 이후의 고장전류들을 비교해보면 초전도 한류기 적용시 약 -28 [%]의 고장전류 저감효과를 보였다. 그림 2의 하단의 그래프는 초전도 한류기 미적용시와 적용시의 전원에서 가장 근거리로 가정된 모선, Bus1의 전압을 나타낸다. Bus1의 전압도 과도 이후를 기준으로 평상시 전압 114 [V]와 고장시 전압을 비교 분석해보면 초전도 한류기를 적용하였을 때가 적용하지 않았을 때 보다 45 [%] 개선된 전압강하 억제 효과를 보였다.

실험 결과를 간략히 표 2에 정리하였다.



〈그림 2〉 초전도 한류기를 SFCL1 위치에 미적용 및 적용 시 고장전류와 Bus1의 전압 비교

〈표 2〉 초전도 한류기를 선로1(L1) 앞 적용시 효과(SFCL1) 비교

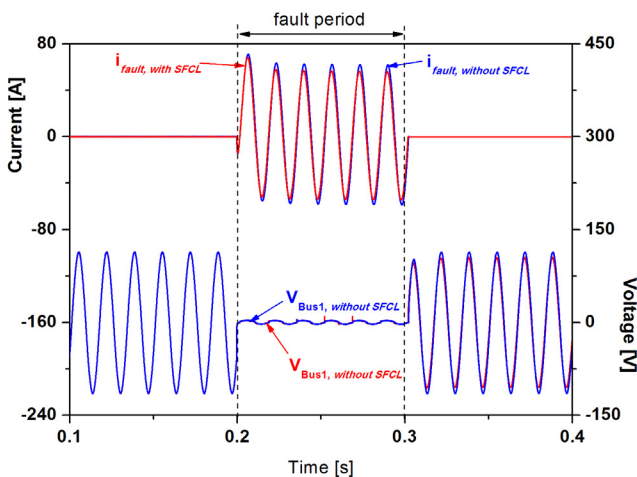
	정상시	SFCL 미적용	SFCL 적용	
고장전류	-	63 [A]	45 [A]	-28 [%]
전압강하	114	3.5 [V]	55 [V]	-52 [%]

2.2.2 Tr.1 #1의 2차측 적용시 적용효과 (SFCL2)

초전도 한류기를 모델링 회로의 Tr.1 #1의 2차측 적용(SFCL2)한 이후 실험을 하였고 실험 결과는 그림 3을 통해 나타내었다. 실험 결과 분석은 다음과 같다.

그림 3의 상단의 그래프는 그림 2와 같이, 초전도 한류기 미적용시와 적용시의 고장 전류를 나타낸다. 초전도 한류기 미적용시와 초전도 한류기 적용시 과도 이후의 고장전류들을 비교해보면 초전도 한류기 적용시 약 -8 [%]의 고장전류 저감효과를 보였다. 그림 2의 하단의 그래프 또한 그림 2와 같이 초전도 한류기 미적용시와 적용시 전원에서 가장 근거리로 가정된 모선, Bus1의 전압을 나타낸다. Bus1의 전압도 과도 이후를 기준으로 비교해보면 고장시 초전도 한류기 적용으로 인한 전압강하 억제 효과가 매우 미비함을 확인할 수 있었다.

실험 결과를 간략히 표 3에 정리하였다.



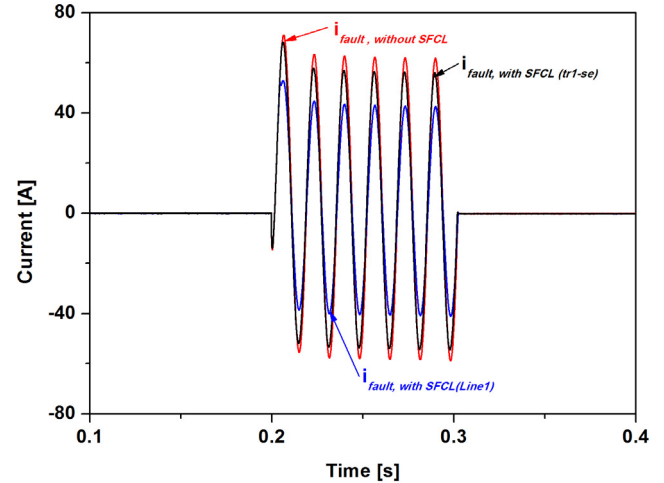
〈그림 3〉 초전도 한류기를 SFCL2 위치에 미적용 및 적용 시 고장전류와 Bus1의 전압 비교

〈표 3〉 초전도 한류기를 Tr.1 #1의 2차측 적용시 효과(SFCL2) 비교

	정상시	SFCL 미적용	SFCL 적용	
고장전류	-	63 [A]	58 [A]	-8 [%]
전압강하	114	3.3 [V]	3.3 [V]	-97 [%]

2.2.3 SFCL 적용시 적용효과 비교

초전도 한류기를 선로1(L1) 앞에 적용(SFCL1)한 경우와 Tr.1 #1의 2차측 적용(SFCL2)한 실험을 통해 얻은 결과를 그림 4에 나타내었다. 앞의 두 사례의 실험 결과, 초전도 한류기를 적용함으로써 인한 고장전류 저감 효과가 두 적용지점 모두에서 확인 가능하였다. 그러나 초전도 한류기를 Tr.1 #1의 2차측 적용(SFCL2) 사례의 경우 약 -8 [%] 정도의 미비한 저감 효과를 보였고 선로1(L1) 앞에 적용(SFCL1)한 사례의 경우 약 -28 [%]의 고장저감 효과를 보임으로써 Tr.1 #1의 2차측 적용(SFCL2) 사례보다 더 효과적인 고장전류 저감 효과를 얻을 수 있었다.



〈그림 4〉 초전도 한류기 미적용 및 적용시 고장전류 비교

3. 결 론

실험 결과 폐회로 구성에서 초전도 한류기로 인한 고장전류 저감 효과를 확인하였고 초전도 한류기 적용 위치에 따른 고장전류 저감 효과가 다음을 확인하였다. 또한 고장시 초전도 한류기 적용으로 인한 전압강하 억제 효과도 확인을 하였다. 위의 실험에서는 배전계통에서 초전도 한류기 적용과 같이 변압기 2차측 보다는 선로에 투입시 더 높은 고장전류 저감 효과와 전압강하 억제 효과를 보였다. 일반적인 효과는 배전계통에 초전도 한류기를 적용하였을 때와 많은 차이를 보이지 않았다. 본 논문에서는 폐회로 구성에서의 초전도 한류기의 적용 효과 및 영향을 살펴보았으나 향후 실제 계통에 초전도 한류기 적용을 위해서는 초전도 한류기가 적용된 페루프의 특성 분석과 다른 여러 가지 사례에 대한 연구가 필요로 하다.

감사의 글

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

[참 고 문 헌]

- [1] 김진석, "배전변전소에 대용량 변압기 적용시 초전도 전류제한기 적용방안 연구", 숭실대학교 일반대학원, 2009.
- [2] T. Hara, T. Okuma, T. Yamamoto, D. Ito K. Tasaki, and K. Tsurunaga, "Development of a new 6.6kV/1500A class superconducting fault current limiter for electric power system", IEEE Trans. Power Delivery. vol. 8. no. 1, pp. 188-198, Jan. 1993.
- [3] 김진석, 임성훈, 안재민, 문종필, 김재철, 김철환, 현옥배, "배전계통에 초전도 한류기 적용시 전류제한 특성", 08년도 대한전기학회 하계 학술대회 논문집, pp. 21-22, 2008.
- [4] B. W. Lee, J. Sim, K. B. Park, I. S. Oh, S. W. Yim, H. R. Kim, O. B. Hyun, "Fabrication and Tests of the 24kV class Hybrid Superconducting Fault Current Limiter", Journal of the Korea Institute of Applied Superconductivity and Cryogenics, vol. 9, no. 4, pp. 32-36, 2007.
- [5] 김진석, 김명후, 류일경, 문종필, 임성훈, 김재철, "배전변전소에 대용량 변압기로 교체 적용시 보호협조를 위한 초전도 한류기의 임피던스 분석", 대한전기학회 논문집, vol. 58, pp. 1479-1484, 2009.
- [6] 김명현, 김진석, 임성훈, 김재철, 온민규, 황승욱, "배전계통의 고장전류 제한을 위한 초전도 한류기 적용시 전로거리별 영향 분석", 11년도 한국조명·전기설비학회 춘계 학술대회 논문집. pp 245~246, 2011.