

삼상 분리 및 일체화된 자속구속형 초전도 사고전류제한기의 동작특성

임성훈¹, 조용선³, 박형민³, 박충렬², 한대희³, 두호익², 송재주⁴, 최효상³, 한병성²
¹숭실대학교, ²전북대학교, ³조선대학교, ⁴순천청암대학

Operational Characteristics of Three-Phase Separated and Integrated Flux-Lock Type SFCLs

Sung-Hun Lim¹, Yong-Sun Cho³, Hyung-Min Park³, Chung-Ryul Park², Tae-Hee Han³, Ho-Ik Do², Jae-Joo Song⁴, Hyo-Sang Choi³, Byoung-Sung Han²
¹Soongsil Uni., ²Chonbuk National Uni., ³Chosun Uni., ⁴Suncheon Cheongam College

Abstract - 하나의 철심을 매개로 각 상의 1, 2차 권선이 동일한 권선바로 결선된 삼상 일체화된 자속구속형 초전도 사고전류제한기의 동작특성을 모델링하였다. 삼상 일체화된 자속구속형 사고전류제한기는 평상시에 각 상의 두 코일에서 유가되는 자속이 서로 상쇄되어 철심내부의 자속은 발생하지 않게 되지만 임의의 한 상에서 단락사고가 발생할 경우 삼상이 분리된 사고전류제한기와 달리 사고상 뿐 아니라 건전상에 연결된 초전도소자도 켜치가 발생하는 특징이 있다. 등가회로를 이용한 모델링을 통해 삼상이 분리된 경우와 삼상이 일체화된 경우의 동작특성을 비교분석하였다.

그림 3에서 보는 바와 같이, 계산의 단순화를 위해 발전기와 관련한 물리량(기계적, 전기적 토크, 가속도 및 부하각 등)은 무시하여 이상적인 전원으로 가정하여 전체모의회로를 구성하여 시뮬레이션을 수행하였다.

1. 서 론

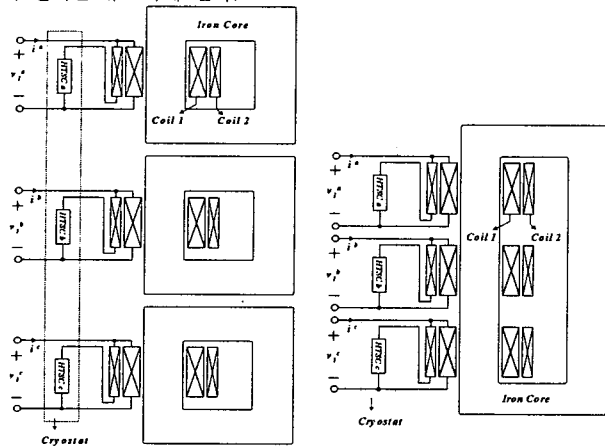
자속구속형 고온초전도 사고전류제한기를 계통에 적용하기 위해서는 각 상에 단상 자속구속형 초전도 사고전류제한기를 적용하는 방법이 있다. 그러나, 이는 단위초전도 소자수 증가로 인한 가격부담과 철심개수 증가로 전체 시스템의 무게 및 부피증가가 불가피하게 된다.

본 논문에서는 철심의 크기와 무게를 줄일 수 있는 삼상이 하나의 철심에 일체화된 삼상 자속구속형 고온초전도 사고전류제한기의 동작특성을 수치해석을 적용한 모델링을 통해 분석하였다. 또한, 삼상이 분리된 모델의 동작특성과 비교분석하였으며, 일체화된 사고전류제한기는 지락사고발생시 사고상에 관계없이 모든 상의 초전도 소자에서 켜치가 발생하는 특징을 가지고 있음을 확인할 수 있었다.

2. 본 론

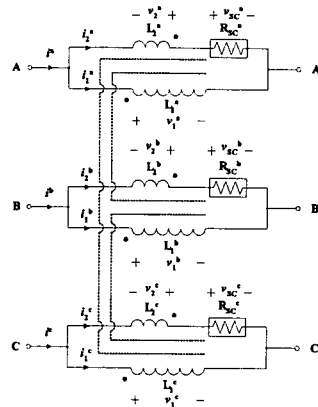
2.1 삼상 자속구속형 초전도 사고전류제한기 구조 및 등가회로

그림 1은 삼상이 분리된 형태와 삼상이 일체화된 자속구속형 초전도 사고전류제한기의 구조를 보여준다. 단상자속구속형에서와 같이, 삼상사고 발생전에는 각 철심내부에 자속이 유가되지 않지만 하나 또는 두 개 이상의 임의의 상에서 사고가 발생할 경우 삼상이 분리된 모델은 사고상에 해당되는 철심내부에서만 자속이 유가되어 초전도소자의 켜치를 유발하게 된다. 반면에, 삼상이 일체화된 모델은 건전상의 코일에도 자속이 유가되어 건전상의 고온초전도 소자의 켜치를 유도하게 된다.

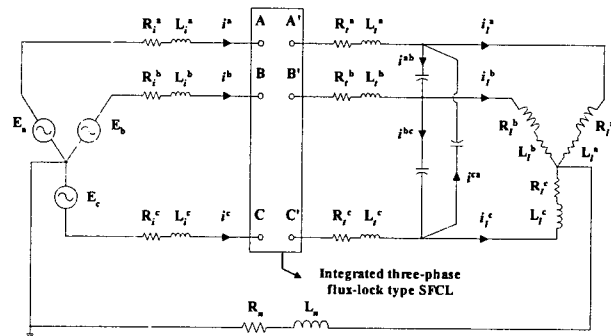


〈그림 1〉 삼상 분리 및 일체화된 자속구속형 초전도 사고전류 제한기의 구조

그림 2는 삼상 분리 및 삼상 일체화된 자속구속형 초전도 사고전류제한기의 등가회로를 보여주며 그림 3에 나타난 삼상 자속구속형 사고전류제한기의 사고전류제한 특성에 대한 시뮬레이션을 위한 모의회로에 반영하여 동작특성을 분석하였다.



〈그림 2〉 삼상 분리 및 삼상 일체화된 자속구속형 초전도 사고전류 제한기의 등가회로



〈그림 3〉 시뮬레이션을 위한 등가모의 회로

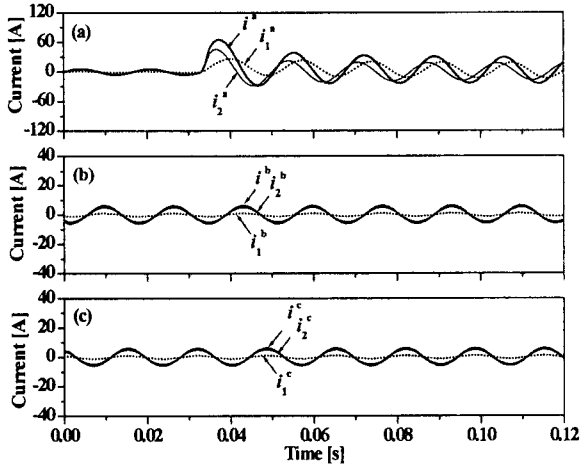
시뮬레이션을 위한 선로저항, 선로인덕턴스는 각각 1 Ω, 0.4 mH로 선정하였으며, 부하임피던스는 50 Ω로 가정하여 사고각별 지락사고를 발생시켜 사고전류제한 특성을 분석하였으며 모의회로에 관련한 설계파라미터는 표 1과 같다.

〈표 1〉 모의회로 설계파라미터

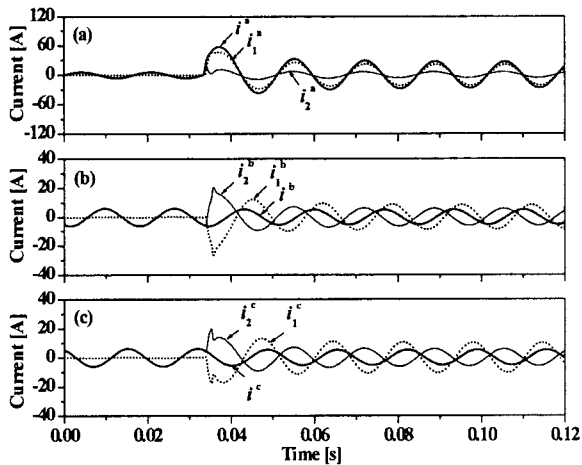
삼상계통시스템	심벌	값	단위
Line voltage	E_a	220	V_{rms}
Resistance of power source	R_s	0.01	Ω
Inductance of power source	L_s	0.1	mH
Resistance of transmission line	R_L	1	Ω
Inductance of transmission line	L_L	0.4	mH
Load resistance	R_f	50	Ω
Load inductance	L_f	1	mH
Ground resistance	R_n	0.1	Ω
Ground inductance	L_n	0.1	mH
일체형삼상자속구속형 SFCL	심벌	값	단위
Turns in Coil 1	N_1	84	Turns
Turns in Coil 2	N_2	21	Turns
Coupling coefficient between two coils		0.99	

2.2 삼상 분리 및 일체화된 모델의 동작특성

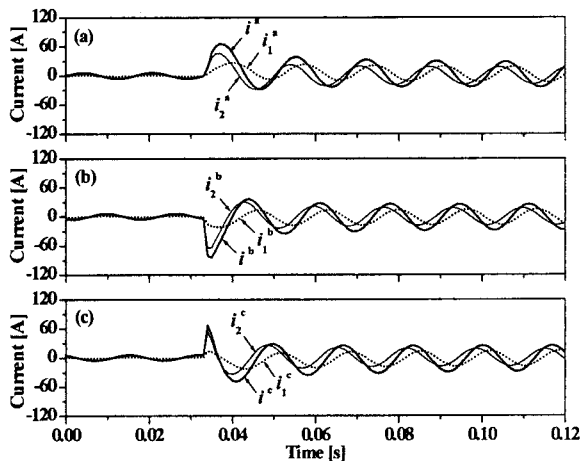
그림 4는 삼상 분리형 모델의 일선 지락사고시 각 상별 각 코일의 전류파형을 보여준다. 그림에서 보는 바와 같이 사고발생과 동시에 사고상에 해당하는 선로와 코일에 흐르는 전류가 증가되나 사고상에 해당하는 소자만 켜치가 발생되어 사고전류가 제한되는 것을 볼 수 있다. 반면에, 삼상 일체형 모델의 경우(그림 5), 일선 지락사고시 사고상(a상)에서 사고가 발생함과 동시에 건전상(b상, c상)에도 자속이 유기되어 건전상의 초전도 소자에 흐르는 전류가 임계전류 값을 초과함으로써 전류가 제한되고 있는 것을 비교할 수 있다.



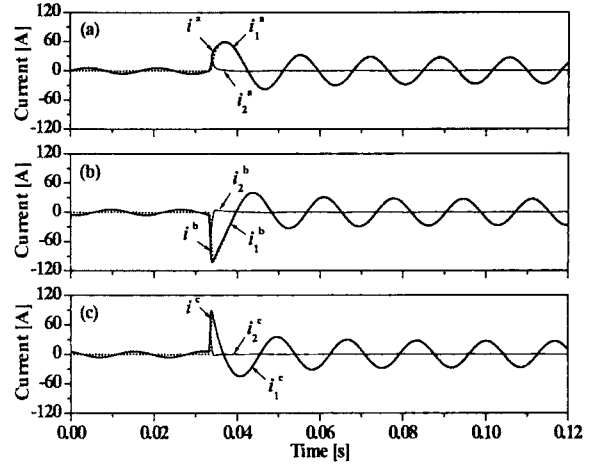
〈그림 4〉 삼상분리형 모델의 일선 지락사고시 각 상별 각 코일의 전류파형



〈그림 5〉 삼상 일체형 모델의 일선 지락사고시 각 상별 각 코일의 전류파형



〈그림 6〉 삼상 분리형 모델의 삼선 지락사고시 각 상별 각 코일의 전류파형



〈그림 7〉 삼상 일체형 모델의 삼선 지락사고시 각 상별 각 코일의 전류파형

그림 6과 7은 삼선지락 사고시의 삼상 분리형과 삼상 일체형의 각 상별 각 코일의 전류파형을 보여주며, 삼상 분리형은 각 상이 독립적으로 사고전류가 제한되는 것을 볼 수 있으며, 일체형의 경우 대부분의 전류가 각 상의 초전도소자의 켜치발생으로 인해 각 상의 코일 1로 흐르고 있는 것을 볼 수 있다.

3. 결 론

본 논문에서는 세 개의 철심에 각 상의 코일이 결선된 삼상 분리된 자속구속형 초전도 사고전류제한기와 하나의 철심에 각 상의 코일이 결선된 삼상 일체화된 자속구속형 초전도 사고전류제한기의 동작특성을 수치해석을 적용한 모델링을 통해 분석하였다. 삼상 일체화된 자속구속형 초전도 사고전류제한기는 전체시스템의 부피와 무게를 줄일 수 있는 반면 사고상에 관계없이 모든 상에 있는 초전도 소자에서 켜치가 발생하는 특징이 있음을 분석할 수 있었으며, 향후 기존의 보호장치와 연계되어 동작할 경우 이의 장점에 대해 분석하고자 한다.

[참 고 문 헌]

- [1] L. Ye, L. Z. Lin, K. P. Juengst, "Application Studies of Superconducting Fault Current Limiters in Electric Power Systems," *IEEE Trans. Appl. Supercond.*, vol. 12, no. 1, pp. 900-903, March 2002.
- [2] T. L. Mann, J. C. Zeigler, T. R. Young, "Opportunities for Superconductivity in the Electric Power Industry," *IEEE Trans. Appl. Supercond.*, vol. 7, no. 2, pp. 239-244, June 1997.
- [3] B. Gromoll, G. Ries, W. Schmidt, H. -P Kraemer, B. Seebacher, B. Utz, R. Nies, H. -W Newmuller, "Resistive fault current limiters with YBCO films - 100kVA functional model," *IEEE Trans. Appl. Supercond.*, vol. 9, no. 2, pp. 656-659, June 1999.
- [4] H. Kado, M. Ichikawa, "Performance of A high-Tc superconducting fault current limiter design of a 6.6kV magnetic shielding type superconducting fault current limiter," *IEEE Trans. Appl. Supercond.*, vol. 7, no. 2, pp. 993-996, June 1997.
- [5] M. Yamaguchi, S. Fukui, T. Satoh, Y. Kaburaki, T. Horikawa, "Performance of DC Reactor Type Fault Current Limiter Using High Temperature Superconducting Coil," *IEEE Trans. Appl. Supercond.*, vol. 9, no. 2, pp. 940-943, June 1999.
- [6] T. Matsumura, T. Uchii, Y. Yokomizu, "Development of Flux-Lock-Type Current Limiter with High-Tc Superconducting Element," *IEEE Trans. Appl. Supercond.*, vol. 7, no. 2, pp. 1001-1004, June 1997.
- [7] S. H. Lim, et. al, "The fault current limiting characteristics of a flux-lock type high-Tc superconducting fault current limiter using series resonance," *Cryogenics*, vol. 44, pp. 249-254, April 2004.
- [8] S. H. Lim, et. al, "Fault Current Limiting Characteristics Due to Winding Direction Between Coil 1 and Coil 2 in a Flux-Lock Type SFCL," *Physica C*, vol. 416, pp. 34-42, November 2004.