

3상 자속구속형 한류기의 초전도 소자 직렬연결 특성분석

박형민, 최효상, 조용선, 황종선*

조선대학교 전기공학과, 남도대학 컴퓨터응용전기과*

Characteristics of Superconducting Elements in Series-Connected Three-Phase Flux-Lock type SFCL

Hyoung-Min Park, Hyo-Sang Choi, Yong-Sun Cho, Jong-Sun Hwang*
Chosun University, Namdo Provincial College*

Abstract - We investigated the characteristics of three phase flux-lock type SFCL. Three phase flux-lock type consists of three reactor wound on an iron core in each single phase and the secondary coil is connected to the superconducting elements in series. the superconducting elements with serial connection were quenched simultangously in the single line-to-ground fault

는 독립된 철심을 사용하는 단상 자속구속형 한류기 3

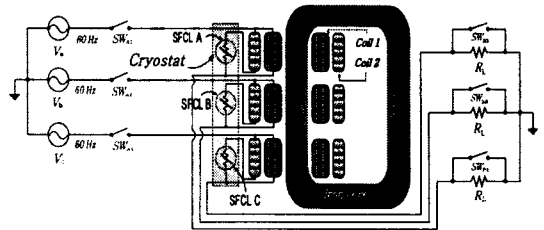


그림 1. 3상 자속구속형 한류기 실험회로도

1. 서 론

현 국내 전력계통은 전력수요의 증가로 인하여 전력설비는 꾸준히 증가하고 있다. 이런 설비증설에 인해 고장전류는 지속적으로 증가하고 있는 추세이다. 고장전류에 대한 대책으로 대용량 차단기 교체, 직렬 리액터 설치, 모선 분리 등 여러 가지 방법이 있으나 많은 문제점이 있다. 초전도 한류기는 정상운전시 임피던스가 발생하지 않으나 계통의 사고 발생시 부가적인 장치 없이 큰 임피던스를 발생하여 고장전류를 제한한다. 또한 환경 친화적이며 고장전류에 대한 빠른 동작 및 신뢰성 때문에 세계적으로 많은 연구가 활발하게 진행되고 있다.

본 논문에서는 3상 자속구속형 한류기를 가극으로 결선하여 전압용량 동급을 증대하기 위하여 초전도 소자를 각 상의 2차측 코일에 직렬로 연결하였다. 1선 지락사고시 인가전압 증가에 따른 전류제한 특성을 비교 분석하였다.

2. 본 론

2.1 실험장치 구성 및 동작원리

그림 1은 1선 지락사고를 모의 하기 위한 3상 자속구속형 한류기의 실험회로도를 나타낸 그림이다. 스위치 SWA1, SWA2, SWA3를 닫힌 조건하에서 스위치 SW2a를 열어둠으로써 a상의 1선 지락사고를 모의하였다. Va, Vb, Vc 는 각상의 전원전압이고 RL은 부하저항이다. 초전도 소자는 2차측에 직렬로 연결하였으며 cryostat 내부에 존재한다.

그림 2는 자속구속형 한류기의 가극결선시 등가회로도를 나타내고 있다. 전압용량 증대를 위하여 각상의 2차측 코일에 초전도 소자 2개를 직렬 연결하였고 초전도 소자보호를 위하여 선트저항을 연결하였다. 그림에서 ifcl^a, ifcl^b, ifcl^c는 각 상으로 흐르는 사고전류이며, i1^a, i1^b, i1^c와 i2^a, i2^b, i2^c는 변압기의 각상의 1차측과 2차측 권선에 흐르는 전류이다. L1^a와 L2^a, L1^b와 L2^b, L1^c와 L2^c도 변압기 각상의 1, 2차측 권선의 인덕턴스를 나타내었다. VSCA^a, VSCB^b, VSCC^c, VSCD^a, VSCD^b, VSCD^c는 각 상의 초전도 소자의 전압을 나타내고 있다.

3상 자속구속형 한류기는 3개의 1차측과 2차측 코일로 적층 결선된 리액터가 하나의 철심에 연결되어 구성된다. 그러므로 계통의 3상이 평형을 이루면 정상동작시에

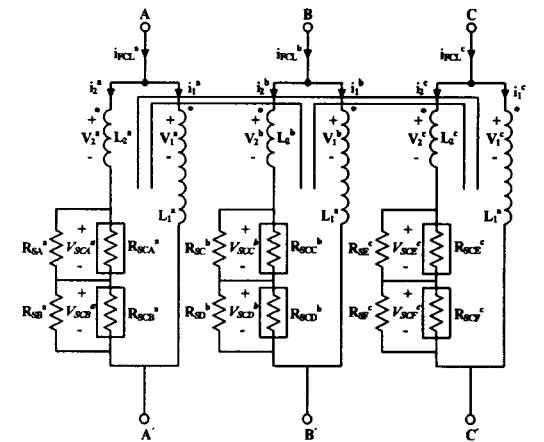


그림 2. 3상 자속구속형 한류기 등가회로도

각 상에 설치한 것처럼 상호간의 영향력이 거의 없다. 그러나, 3상 계통내에서 한상에서라도 사고가 발생하면 증가한 선로전류에 의해 초전도 한류소자에서 퀘칭이 발생하면서, 쇄교자속의 시간적인 변화로 인하여 동일한 자속경로에 있는 다른 상의 리액터에 영향을 준다. 즉, 하나의 상에만 사고가 발생하여도 모든상에 영향을 주어 3개의 리액터를 사용한 독립된 자속구속형 한류기보다 더 효과적으로 사고를 제한한다[1].

각 상의 전원전압은 320V_{rms}, 480V_{rms}를 인가하였고 부하저항 RL은 25Ω, 선트저항 RS는 10Ω, 각 상의 코일1과 2의 턴수를 133턴, 35턴으로 설정하여 가극으로 결선한 후 1선 지락사고시 사고전류제한 특성을 분석하였다.

표 1 초전도소자 임계전류값

구분	SFCL _A	SFCL _B	SFCL _C	SFCL _D	SFCL _E	SFCL _F
(I _c , A)	19.8	19.8	18.9	19.1	19.6	19.3

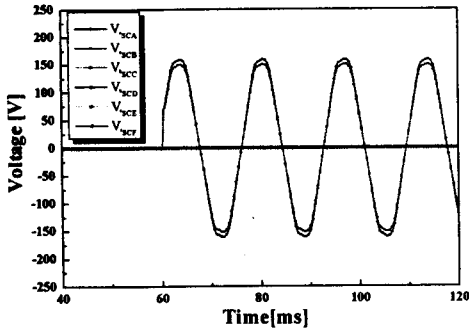


그림 3. 1선 지락사고시 초전도 소자전압(320V_{rms})

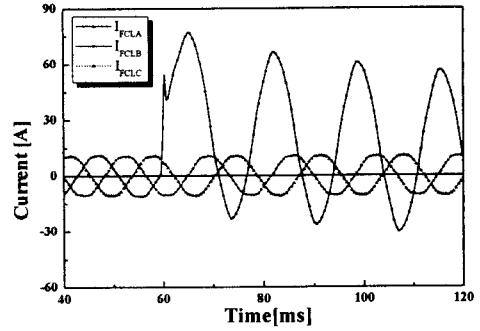


그림 5. 1선 지락사고시 선로전류(320V_{rms})

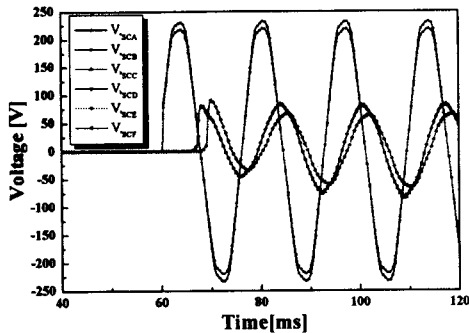


그림 4. 1선 지락사고시 초전도 소자전압(480V_{rms})

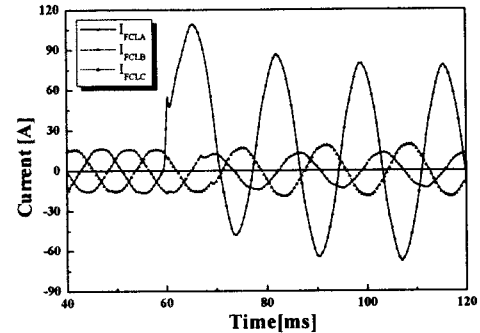


그림 6. 1선 지락사고시 선로전류(480V_{rms})

2.2 실험결과 및 고찰

그림 3과 4는 전원전압을 각각 320V_{rms}, 480V_{rms}로 증가하여 인가하였을 때 1선 지락사고시 각 상의 초전도 소자 전압의 파형을 나타내고 있다. 그림 3에서 a상의 사고 발생후 초전도 소자가 임계 전류값을 넘는 순간 a상에서 초전도 소자 A, B가 동시커펀치되어 전압이 유기되는 것을 확인 할 수 있다. 각 소자의 피크값은 A소자는 159V_{peak}, B소자는 150V_{peak}로 거의 같은 값인것을 알 수 있었다. 이는 선트저항의 영향으로 각 소자가 동시커펀치가 되었고 전압분배가 확실하게 되는 것을 확인 할 수 있다.

그림 4를 보면 그림 3과 마찬가지로 a상의 초전도 소자가 동시커펀치되어 전압이 발생하는것을 알 수 있고 b상과, c상의 초전도 소자도 동시커펀치되는 것을 확인 할 수 있다. A소자는 231V_{peak}, B소자는 217V_{peak}으로 전압분배가 되는것을 알 수 있었고, C,D,E,F는 81V_{peak}, 79V_{peak}, 91V_{peak}, 90V_{peak}으로 320V_{rms} 인가하였을시 발생하지 않았지만 480V_{rms}로 전압을 증가하여 인가하였을시 각 상의 초전도 소자가 동시커펀치되어 발생하는 것을 확인 할 수 있다. 이는 480V_{rms} 때 고장전류가 증가하여 각 상의 초전도 소자가 임계전류값을 넘어 발생하는 것을 알 수 있다. 또한 하나의 상에만 사고가 발생하여도 모든상에 영향을 주어 3개의 리액터를 사용한 독립된 자속구속형 한류기보다 더 효과적으로 사고를 제한함을 확인 할 수 있다.

그림 5와 6은 전원전압을 각각 320V_{rms}, 480V_{rms}로 증가하여 인가하였을 때 1선 지락사고시 각 상의 선로 전류 파형을 보여주고 있다. 그림 5를 보면 사고가 발생하기 전 정상시 a상의 선로전류는 11A에서 사고 발생후 77A_{peak}까지 증가 하지만 반주기만에 66A에서 제한되고 4주기후에는 56A까지 제한되는 것을 알 수 있다.

그림 6을 보면 사고가 발생하기전 정상시 a상의 선로전류는 16A에서 사고 발생후 110A_{peak}까지 상승하지만 반주기만에 86A로 제한하였고 4주기 이후에는 78A로 제한 하는것을 알 수 있다. 그림 5와 6에서 b상과 c상의 선로전류가 변하는 것을 알 수 있는데 이는 a상 사고시 철심에 자속이 유기되어 다른상에도 영향을 줌을 알 수 있다.

3. 결 론

3상 자속구속형 한류기를 전력계통에 적용하기 위하여 초전도 소자를 직렬 연결하여 전류제한 특성을 비교분석 하였다. 1,2차측을 각각으로 결선하고 전원전압을 증가하여 3상계통에서 70% 이상의 사고가 발생하는 1선 지락 사고에 대하여 실험 하였다. 실험결과 초전도 소자를 2차측 권선에 직렬 연결하고 선트저항을 병렬로 연결하였을 때 동시커펀치에 유리함을 알 수 있었다. 전원전압이 증가하였을 때 다른 상의 초전도 소자가 동시커펀치 됨을 확인 할 수 있었다. 각 상의 선로전류는 사고 상의 선로전류만 증가하여 반주기 만에 제한되고 4주기만에 선로전류 피크값보다 320V_{rms}, 480V_{rms} 일때 각각 27%, 21%로 제한됨을 확인 할 수 있었다. 이는 전원전압 증가시에 제한율이 감소됨을 알 수 있다. 또한 다른 상의 선로전류는 거의 영향을 받지 않아 정상시 전류하고 비슷함을 알 수 있었다. 3상 자속구속형 한류기의 전압용량 증대에 선트저항을 병렬로 연결하는 것이 효과적이라는 것을 알 수 있었다.

[참 고 문 헌]

- [1] 이나영, 최효상, 정수복, 이상일, 남궁현, 임성훈 "3상 일체화된 자속구속형 전류제한기의 동작특성", 한국조명·전기설비학회 2006 춘계학술대회는문집, pp.467-470, 2006. 5.