

반주기 이후 동작 하이브리드 초전도 전류제한기와 보호기기 협조 분석

논 문

60-10-6

Analysis on the Protective Coordination with Hybrid Superconducting Fault Current Limiter

김진석* · 임성훈† · 김재철** · 최종수***

(Jin-Seok Kim · Sung-Hun Lim · Jae-Chul Kim · Jong-Soo Choi)

Abstract - The fault current has increased due to the large power demand in power distribution system and network distribution system. To protect the power system effectively from the increased fault current, the superconducting fault current limiter (SFCL) has been notified. However, the conventional SFCL has some problems such as cost, operation, recovery, loss. To solve some problems, the hybrid superconducting fault current limiter using the fast switch was proposed. However, hybrid SFCL also has a problem that is protection coordination in power distribution system with hybrid SFCL. In this paper, the fault current limiting characteristics of hybrid SFCL with first half cycle non-limiting operation according to the fault angle, the resistance of superconducting element, and the magnitude of Current Limit Resistor (CLR) which are the components of hybrid SFCL were analyzed through the experiments.

Key Words : Superconducting fault current limiter, Hybrid, Power system, Protective coordination, After half cycle

1. 서 론

전력수요가 증가하면서 고품질의 전력을 공급하기 위한 노력과 전력관련 설비의 공간문제로 계통이 복잡해지고 있다. 이러한 변화로 계통의 단락전류가 크게 증가되어 보호기기의 차단용량 초과로 계통 보호의 문제가 발생하여 계통 보호에 대한 설비의 개선방안이 요구된다 [1-3].

전력계통에 고장발생시 나타나는 문제를 해결하기 위한 방안으로 최근 초전도 전류제한기(Superconducting Fault Current Limiter : SFCL)를 적용하는 방안이 연구되고 있다. 초전도 전류제한기는 저항형, 유도형, 정류형 등 많은 종류가 연구되고 있지만, 실계통 적용을 위해서는 다수의 초전도 소자의 사용으로 경제적인 문제와 동시 켜치를 위한 기술적 문제를 해결해야 한다. 이러한 문제점을 해결하는 새로운 초전도 전류제한기의 모델로 고속스위치를 사용하는 하이브리드 초전도 전류제한기가 개발되었으며, 이는 초전도 소자의 사용을 최소화하여 경제적 부담을 대폭 감소시켜 경쟁력을 확보하였다 [4-8].

하이브리드 초전도 전류제한기는 고장 발생 후 반주기 이내 및 이후에 고장전류를 제한하는 특징을 갖는다. 이 중에서 반주기 이후에 동작하는 구조는 보호기기의 순시동작을 반영할 수 있는 장점을 지니고 있어 보호기기 협조동작에

이점을 지닌다. 그러나 하이브리드 초전도 전류제한기는 초전도 소자의 저항과 한류소자의 크기에 따라 제한되는 고장전류의 크기가 달라지고, 이에 따른 고장전류의 크기에 따라 보호기기의 동작특성도 달라진다.

또한, 고장전류가 초전도 소자와 한류소자에 의해 제한되는 특성에서 초전도 전류제한기의 고장전류 제한에 영향을 주게 된다. 이는 과전류 요소로 동작하는 전력계통의 보호기기의 동작 특성을 변화시킨다. 따라서 초전도 전류제한기의 초전도 소자의 저항이나 한류소자에 대한 보호기기의 동작 특성을 분석할 필요가 있다 [9-10].

이에 대하여 고장 발생각과 하이브리드 초전도 전류제한기 구조의 초전도 소자 저항과 한류소자 크기 변화에 따른 과전류계전기의 보호협조 동작특성을 모의실험을 통하여 분석하였다.

2. 초전도 전류제한기 및 배전계통 모델링

2.1 하이브리드 초전도 전류제한기 모델링

하이브리드 초전도 전류제한기는 기존 초전도 전류제한기와 달리 초전도 소자는 초전도 특성을 이용하여 고장전류를 감지하는 역할을 하고 고속스위치 동작을 통하여 한류소자(CLR)가 고장전류를 제한하는 구조로 그림 1과 같이 이루어져 있다.

동작원리도 정상상태에서는 SW₁이 닫혀있고, SW₂가 열려있는 상태로 초전도 소자와 SW₁을 통하여 전류가 흐르게 된다. 이때 초전도 소자에 도통되는 전류는 부하전류로써 초전도 소자의 임계전류 이하이며, 하이브리드 초전도 전류제

* 정 회 원 : 숭실대 공대 전기공학부 박사과정

** 펠로우회원 : 숭실대 공대 전기공학부 교수 · 공박

*** 정 회 원 : 한국전기안전공사 · 공박

† 교신저자, 정회원: 숭실대 공대 전기공학부 교수 · 공박

E-mail : superlsh73@ssu.ac.kr

접수일자 : 2011년 1월 13일

최종완료 : 2011년 9월 14일

한기에서는 전력손실 없이 부하에 전력을 공급한다. 반면에 고장이 발생하여 하이브리드 초전도 전류제한기에 들어오는 고장전류에 의하여 초전도 소자는 켜치되어 저항이 발생하고, 이 저항에 의하여 구동코일(Driving Coil)로 전류(I_d)가 흐르게 된다. 상대적으로 초전도 소자의 저항보다 작은 임피던스를 갖는 구동코일에 더 많은 전류가 흐르게 되고, 이 전류에 의해 구동코일에서 발생하는 반발력이 고속스위치를 동작시킨다. 고속스위치의 동작으로 b접점인 SW₁은 a접점으로 되고, a접점의 SW₂는 b접점이 되어 고장전류는 고속스위치의 SW₂를 통해 한류소자에 의해 고장전류가 제한되어 흐르게 된다. 또한, 고속스위치의 SW₁의 동작으로 초전도 소자에 흐르는 전류가 영이 되고, 초전도 소자는 초전도 상태로 회복하게 된다. 초전도 소자가 초전도 상태로 회복이 되거나 회복 단계에서 SW₂가 갖는 기계적인 저항과 동일하게 되면 SW₂와 초전도 소자에 전류가 분배되어 흐르고 최종적으로는 한류소자에 의하여 고장전류가 제한되는 특징을 갖는다 [4-6].

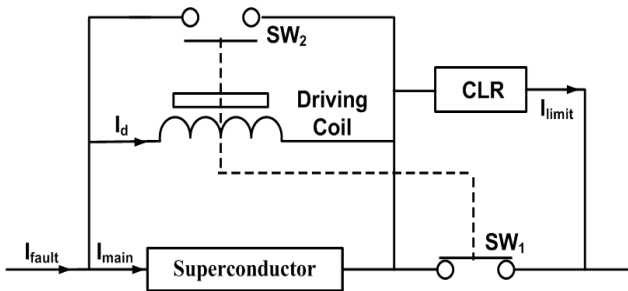


그림 1 Hybrid SFCL 구성도.
Fig. 1 Schematic of Hybrid SFCL.

2.2 배전계통 모델링

그림 2는 하이브리드 초전도 전류제한기와 보호기기의 협조 동작을 위한 모의 배전계통을 나타낸다. 하이브리드 초전도 전류제한기는 고장 모의 피더에 적용하였으며, 기본 구성 파라미터는 표 1과 같다.

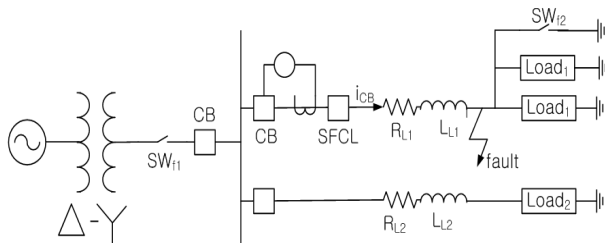


그림 2 하이브리드 초전도 전류제한기를 적용한 모의 배전계통.
Fig. 2 Configuration of sample power distribution system with hybrid SFCL.

표 1 모의 배전계통 구성 파라미터.

Table 1 Parameters of sample distribution system.

구성 파라미터	
전원	400 / 440 [V]
선로 (R + jX)	0.097 + j0.685 [Ω]
부하 (R + jX)	41.2 + j1.885 [Ω]
	41.2 + j1.885 [Ω]

고장전류의 크기를 달리하기 위하여 전원의 크기를 조절하였으며, 고장모의는 그림 3과 같이 스위치를 작동하여 두 스위치가 동작에 동작하는 40 [Cycle] 동안 고장을 발생시켰다. 또한, 고장 발생각에 따라 고장전류의 과도성분이 달라지므로, 과도성분의 최소·최대에 따른 영향을 분석하기 위하여 고장 발생각을 0°와 90°를 모의하였다.

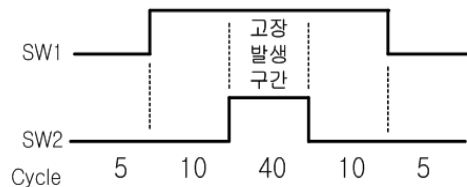


그림 3 고장 발생을 위한 스위치 동작 구성
Fig. 3 Switch operation for experiment

2.3 과전류계전기 모델링

수지상 방식인 배전계통에서는 일반적으로 고장전류 차가 확실하며 방향요소가 필요하지 않으므로 주로 과전류 보호계전 방식을 사용한다. 과전류 보호계전 방식에 사용되는 과전류 계전기(OCR)는 입력전류(I_{input})가 정정치(I_{pickup})보다 크면 시간-전류 곡선(Time-Current Curve)에 의해서 동작한다. 과전류 계전기의 시간-전류 곡선은 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$Time_{trip} = \left(\frac{A}{M^{p-1}} + B \right) \frac{TD}{10} \tag{1}$$

여기서, $Time_{trip}$ 은 OCR의 동작시간을 의미하고, TD는 Time Dial(레버), M은 입력전류/정정 전류값을 의미한다. 상수 A, B, p, K는 OCR의 곡선특성을 결정하는 특성상수이며, 규격 및 제조사별로 그 값이 다르다. 본 논문에서는 한국전력공사에서 사용하는 KVI(KEPCO Very Inverse) 곡선을 사용하였으며, 과전류 계전기의 정정은 표 2와 같이 규정에 따라 설정하였다. 그 특성 상수 및 모의실험을 위한 OCR의 정정 값은 표 3과 같다 [11].

표 2 피더보호용 보호기기 정정지침.

Table 2 Setting rules of protective device for feeder protection.

구분	정정지침
순시 탭	전위보호기기 설치점의 3상 단락전류 $\times 1.5$ 이상
한시 탭	최대부하전류 $\times 1.5$ 이상
한시레버	변전소 인출점 3상 단락전류에서 0.5초 (30cyc)이하로 동작 (단, 협조가 어려울 경우 0.6초 이하)

표 3 OCR의 강반한시 특성상수 및 정정 값.

Table 3 Constants and setting values of very inverse characteristics.

특성상수	A	B	p
값	39.85	1.084	1.95
정정변수	I_{RT}	I_{pickup}	TD
값	26 [A]	6 [A]	0.8

3. 정정지침에 따른 보호협조 분석

본 논문에서는 하이브리드 초전도 전류제한기를 피더 인출점에 적용시 하이브리드 초전도 전류제한기의 한류요소인 초전도 소자와 한류소자의 변화에 따른 피더 보호용 보호기기인 과전류 계전기 동작특성 변화를 조사하고자 한다.

그림 4는 과전류 계전기의 기본 동작특성인 순시동작(4.(a),4.(b))과 한시동작(4.(c), 4.(d)) 결과를 얻기 위하여, 앞 선 모의 배전계통에서 전원 전압이 440 [V]인 경우 큰 고장전류의 발생으로 실효값의 고장전류가 과전류 계전기의 순시정정치 이상으로 순시동작을 수행한 결과로 과전류 계전기의 한시동작 적분값이 트립동작 신호를 발생하는 '1'에 도달하기 전에 차단동작이 완료됨을 확인할 수 있다. 또한, 400 [V]에서는 보다 작은 고장전류로 한시동작은 적분값의 신호에 의하여 과전류 계전기가 동작한 결과를 확인할 수 있다.

그림 5는 한시동작의 고장으로 고장이 발생하는 각도에 따라 과전류 계전기의 동작특성을 비교하였다. 고장 발생각에 따라서 과도현상에 의한 고장전류의 최대값이 달라지므로 최소·최대크기가 발생하는 0° (5.(a),5.(b))와 90° (5.(c),5.(d))에 대하여 모의실험을 하였다. 그 결과 고장 초기에 과도현상에 의하여 발생하는 최대 전류의 크기 다른 점을 볼 수 있으나 최종적으로 트립 신호를 발생하는 과전류 계전기의 동작은 큰 차이점이 없음을 확인할 수 있다. 그러나 초전도 소자에서 발생하는 저항은 고속스위치가 동작하기 전까지 고장전류를 감지·제한하므로 고장 초기에는 발생하는 최대 순시고장전류에 대하여 고장전류를 제한하는 특징을 지니고 있는 점을 볼 수 있다.

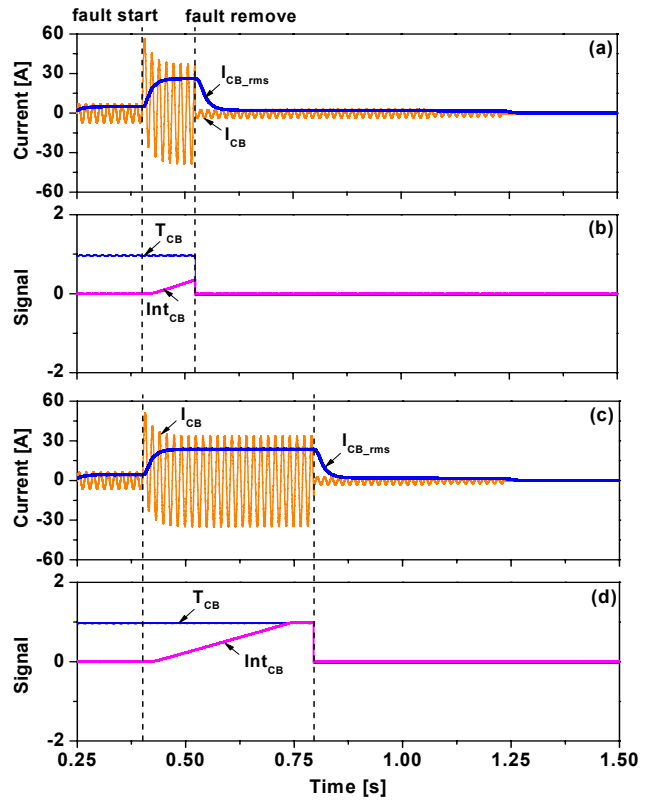


그림 4 Hybrid SFCL 미적용시 OCR 동작특성.

Fig. 4 OCR operation without Hybrid SFCL.

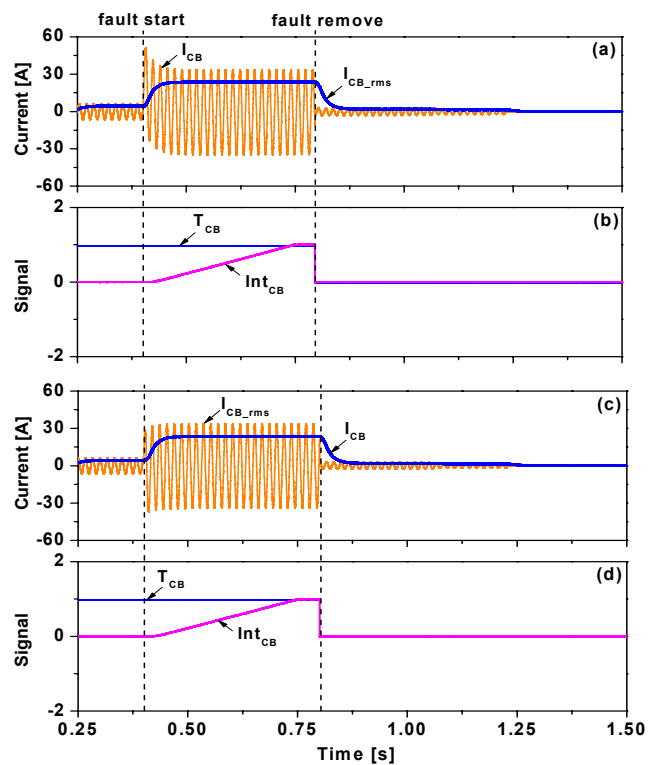


그림 5 Hybrid SFCL 미적용시 고장각에 따른 동작 특성.

Fig. 5 Operation characteristics according to fault angle without hybrid SFCL.

4. 하이브리드 초전도 전류제한기 적용시 보호계전기 동작특성 분석

앞서 모의실험 계통구성과 과전류 계전기의 동작특성을 확인하였고, 하이브리드 초전도 전류제한기를 적용하였을 경우 고장 발생각과 전류를 제한하는 초전도 소자의 한류소자의 크기에 따른 과전류 계전기의 동작특성을 분석하였다. 모의실험을 위한 조건은 표 4와 같으며, 첫 번째 분석은 고장 발생시 나타나는 과도성분 영향에 의한 과전류 계전기의 동작특성 분석을 위하여 고장이 발생하는 각을 변수로 하였다. 두 번째와 세 번째는 하이브리드 초전도 전류제한기에서 고장전류를 제한할 수 있는 요소인 초전도 소자의 저항과 한류소자의 크기변화에 따른 과전류 계전기 동작특성을 확인하기 위하여 각각 변수로 하는 사례를 선정하였다.

표 4 과전류 계전기의 동작특성 분석을 위한 실험조건.
Table 4 Experimental conditions for OCR's analysis of operation characteristics

사례	변수			
	실험전압 [V]	고장각 [°]	초전도 소자 저항[Ω]	한류소자 크기[Ω]
1	일정 (400)	0 / 90	일정 (15.6)	일정 (4.6)
2	일정 (440)	일정 (0)	5.2 / 10.4	일정 (5.75)
3	일정 (440)	일정 (0)	일정 (15.6)	4.6 / 5.75

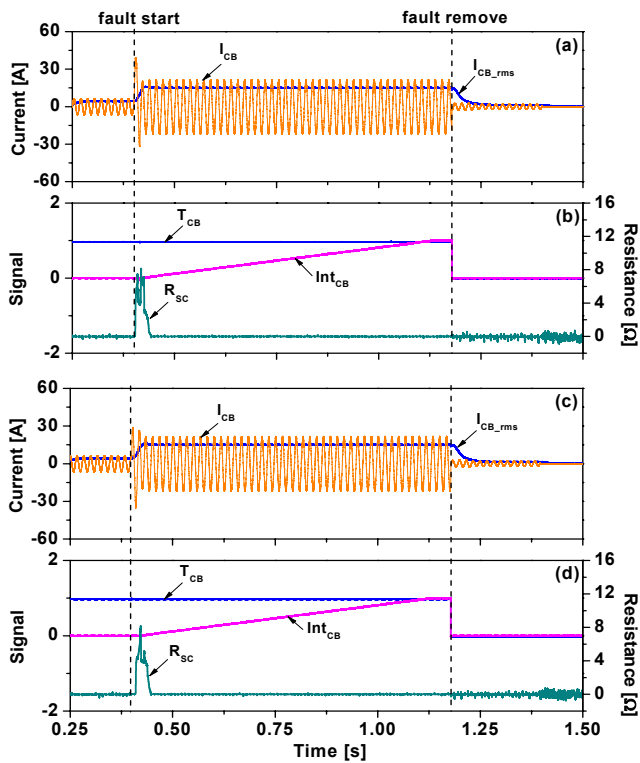


그림 6 Hybrid SFCL 적용시 고장각에 따른 특성분석
Fig. 6 Operation characteristics according to fault angle with hybrid SFCL.

그림 6은 사례 1에 대한 실험조건으로 하이브리드 초전도 전류제한기를 적용하여 실험전압 400 [V], 초전도 소자 저항 15.6 [Ω], 한류소자 4.6 [Ω] 적용시 고장 발생각에 따른 과전류 계전기의 동작특성을 나타내고 있다. (a), (b)는 고장 발생각 0°, (c), (d)는 고장 발생각 90°에 대한 결과이다. 그 결과, 고장전류의 크기가 하이브리드 초전도 전류제한기의 동작으로 고장전류가 제한되고, 이에 따라 반한시 동작특성을 갖는 과전류 계전기의 동작시간이 지연되는 결과를 얻었다. 그러나 고장이 발생한 각에 따라 초기 발생하는 과도현상의 변화를 볼 수 있지만, 고장이 발생하는 각에 의해서는 과전류 계전기가 최종적으로 동작하는 시간은 하이브리드 초전도 전류제한기를 적용하기 전과 비슷하게 동작함을 확인할 수 있다. 따라서 고장이 발생하는 각에 따라 하이브리드 초전도 전류제한기를 적용하기 전과 후 모두 과전류 계전기의 트립 동작에는 큰 영향을 미치지 않는 결과를 얻을 수 있다.

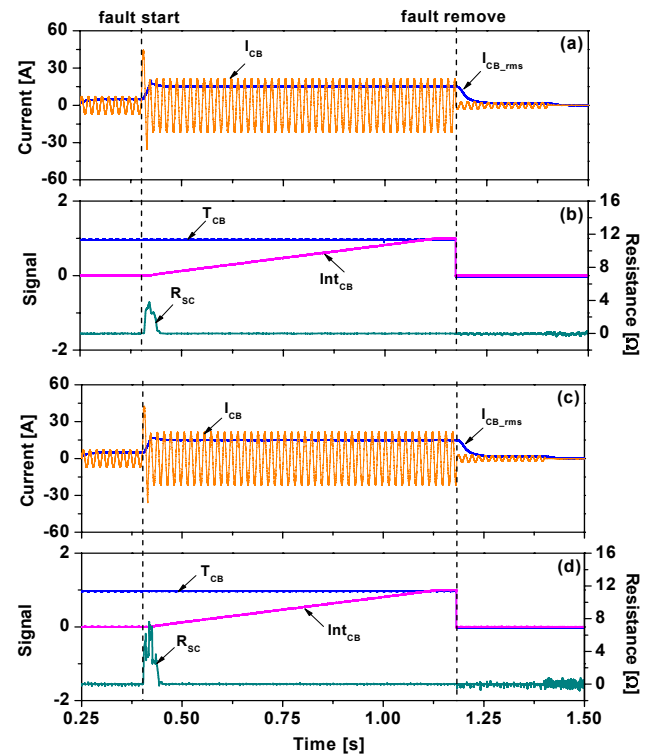


그림 7 Hybrid SFCL의 R_sc에 따른 전류제한특성
Fig. 7 Fault current limiting characteristics with hybrid SFCL according to R_sc.

그림 7은 사례 2에 대한 실험 조건으로 전압 440 [V], 고장 발생각 0°, 한류소자 5.75 [Ω]에서 하이브리드 초전도 전류제한기의 구성 중 초전도 소자의 저항 변화에 따라 제한되는 고장전류의 영향과 과전류 계전기의 동작특성 결과를 보여준다. (a), (b)는 초전도 소자의 상전도 저항이 5.2 [Ω]의 경우이며, (c), (d)는 10.4 [Ω]의 상전도 저항을 갖는 초전도 소자의 실험 결과이다. 결과 역시 하이브리드 초전도 전류제한기의 적용으로 고장전류가 제한되고, 과전류 계전기의 트립 동작시간이 길어진 특징을 보인다. 그러나 초전도 소자의 상전도 저항이 다른 두 경우의 결과에서 하이

브리드 초전도 전류제한기의 초전도 소자는 초기 고장전류를 감지하고 고속스위치에 의해 실질적인 고장전류 제한은 같은 크기로 선정되어있는 한류소자에 영향을 받기 때문에 과전류 계전기의 동작시간에는 큰 영향을 미치지 않는 결과를 얻었다.

또한, 초전도 소자에서 발생하는 저항은 고속스위치가 동작하기 전까지 고장전류를 감지·제한하므로 고장 초기에 발생하는 최대 순시 고장전류에 대하여 고장전류를 제한하는 특징을 지니고 있는 점을 볼 수 있다. 그림 8은 이러한 동작을 확인하기 위하여 그림 7의 고장발생 후 과도특성 부분을 확대한 그림이다. 하이브리드 초전도 전류제한기를 적용하기 않은 그림 4(c)의 결과와 비교하면 고장발생 초기의 최대 순시전류가 51.3 [A]에서 모두 제한된 결과를 얻을 수 있다. 그리고 초전도 소자의 저항이 증가할수록 고장전류의 제한효과가 증가하여 초전도 소자의 저항에 의한 초기 고장전류 제한효과를 확인할 수 있다.

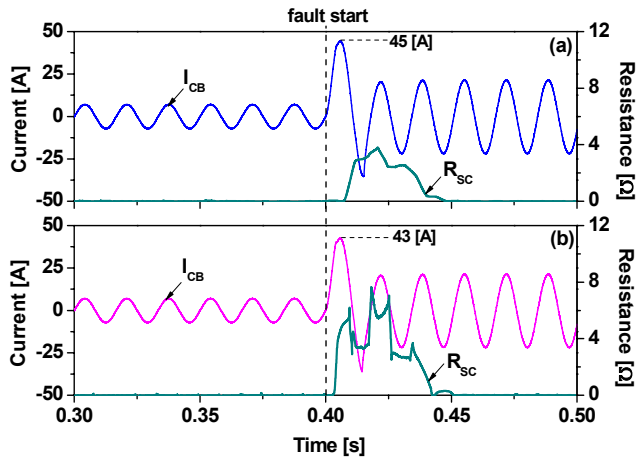


그림 8 Hybrid SFCL의 R_{sc} 에 따른 초기고장전류 제한특성.
Fig. 8 Initial fault current limiting characteristics with hybrid SFCL according to R_{sc} .

사례 3은 하이브리드 초전도 전류제한기에서 고장전류를 제한하는 요소 중 한류소자의 크기를 변화시켰을 경우 과전류 계전기의 동작특성에 대한 분석이다. 한류소자는 고속스위치 동작에 의하여 구성되는 회로에서 초전도 소자를 대신하여 하이브리드 초전도 전류제한기의 구조에서 실질적으로 고장전류를 제한하는 부분이다. 따라서 한류소자의 크기가 증가할수록 제한되는 고장전류의 크기가 작아지게 되며, 반한시 특성의 과전류 계전기의 트립 동작시간은 지연되게 될 것이다.

그림 9는 이에 대한 실험결과로 440 [V], 고장 발생각 90°, 초전도 소자의 상전도 저항 15.6 [Ω]의 조건에서 얻었으며, 한류소자의 크기는 4.6 [Ω]과 5.75 [Ω]을 적용하였다. 모의실험 결과, 한류소자가 갖는 저항의 크기가 증가할수록 고장전류의 크기가 더욱 제한되는 결과를 얻었으며, 제한된 고장전류에 의해 동작하는 과전류 계전기의 트립 동작시간이 한류소자 크기에 반비례하여 지연 동작되는 결과를 확인할 수 있다. 그러나 한류소자의 크기 변화는 초전도 소자의 상전도 저항 크기에 따른 결과와 달리 고장발생 초기에 영향을 미

쳐 과도현상이 다른 특징을 보인다.

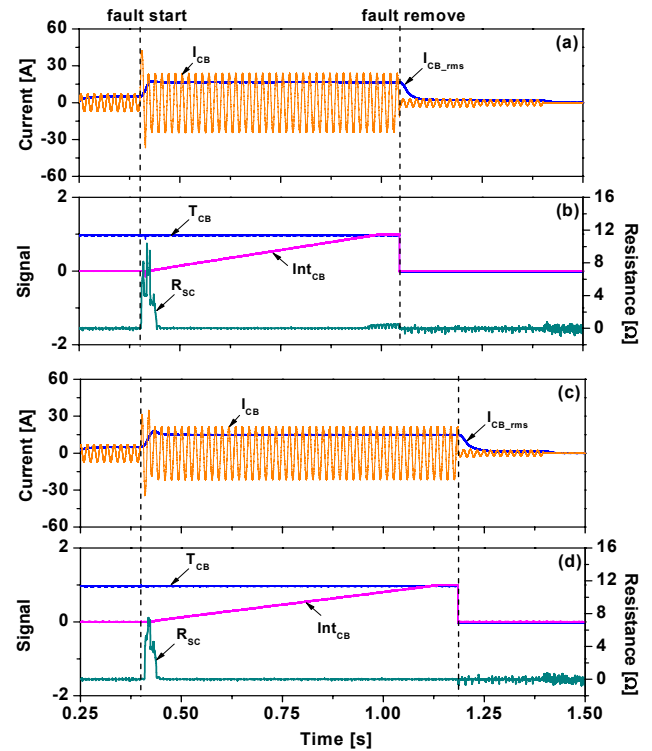


그림 9 Hybrid SFCL의 R_{CLR} 에 따른 전류제한특성
Fig. 9 Fault current limiting characteristics with hybrid SFCL according to R_{CLR} .

5. 결 론

본 논문에서는 하이브리드 초전도 전류제한기를 적용한 모의 배전계통을 구성하여 고장 발생각과 하이브리드 초전도 전류제한기의 고장전류 제한요소인 초전도 소자와 한류소자의 변화에 따라 보호기기인 과전류 계전기의 동작특성에 대하여 분석하였다. 결과적으로 고장 발생각에 따라서는 과도성분에 의한 최대 고장전류의 변화는 있지만, 초전도 전류제한기의 동작에 의한 과도성분의 제한특성과 과전류 계전기의 동작에는 큰 영향을 미치지 않는 결과를 얻었다.

또한, 고장전류 감지·제한하는 요소인 초전도 소자의 상전도 저항에 따라서는 초기에 발생하는 고장전류를 제한하는 특징을 갖으나, 일정 전류의 크기에서 점점 스위치가 동작하는 초전도 전류제한기의 특성에 큰 변화가 나타나지 않기 때문에 과전류 계전기의 동작시간에는 큰 영향이 없다. 마지막으로 실질적인 고장전류 제한을 위한 한류소자의 크기가 증가할수록 고장전류 제한의 효과가 비례하는 특징을 확인하였으며, 이는 과전류 계전기의 동작시간이 크게 영향을 받는 결과를 얻었다. 이는 하이브리드 초전도 전류제한기의 설계에서 고장전류를 제한하고자하는 목표는 한류소자에 의존하며, 초기 과도성분에 의한 고장전류 제한은 초전도 소자임을 알고 계통 적용을 위한 기본적인 분석 자료가 될 것이다.

감사의 글

본 연구는 2011년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지 기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (No. 20114010203110)

참 고 문 헌

[1] 김준환, 이강완, “전력계통 고장전류 증대와 대응 방안”, 전기저널, pp.19-31, April 1998.

[2] Lin Ye, LiangZhen Lin, Klaus-Peter Juengst, “Application Studies of superconducting Fault Current Limiters in Electric Power Systems”, IEEE Trans. on Appl. Supercond., vol. 12, no. 1, pp. 900-903, 2002.

[3] W. Paul, Th. Baumann, J.Rhyner, and F. Platter, “Test of 100 kW high-Tc superconducting fault current limiter,” IEEE Trans. on Appl. Supercond., vol. 5, no. 1, pp. 1059-1062, June 1995.

[4] S. H. Lim, Y. S. Cho, H. S. Choi, and B. S. Han, “Improvement of Current Limiting Capability of HTSC Elements in Hybrid Type SFCL”, IEEE Transactions On Applied Superconductivity, vol. 17, no. 2, pp. 1807-1810, June 2007.

[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 Appl. Supercond. and Cryogenics, vol. 9, no. 4, pp. 32-36, 2007.

[5] O. B. Hyun, S. D. Cha, H. R. Kim, H. S. Choi, and S. D. Hwang, “Shunt-Assisted Simultaneous Quenches in Series-Connected Resistive SFCL Components”, IEEE Transactions On Applied Superconductivity, vol. 13, no. 2, pp. 2060-2063, June 2003.

[6] O. B. Hyun, K. B. Park, J. W. Sim, H. R. Kim, S. W. Yim, and I. S. Oh, “Introduction of a Hybrid SFCL in KEPCO Grid and Local Points at Issues”, IEEE Trans. on Appl. Supercond., vol. 19, no. 3, pp. 1946-1949, June 2009.

[7] G. H. Lee, K. B. Park, J. W. Sim, Y. G. Kim, I. S. Oh, O. B. Hyun and B. W. Lee, “Hybrid Superconducting Fault Current Limiter of the First Half Cycle Non-Limiting Type”, IEEE Trans. on Appl. Supercond, vol. 19, no. 3, pp.1888-1891, June 2009.

[8] 안재민, 김진석, 문종필, 임성훈, 김재철, 김철환, 현옥배, “배전계통에 초전도 전류 제한기 적용시 보호협조 분석”, 전기학회 논문지, 제 57권, 5호, pp. 755-760, 2008.

[9] 김진석, 김명후, 유일경, 문종필, 임성훈, 김재철, 안재민, “배전변전소에 대용량변압기로 교체 적용시 보호협조를 위한 초전도 전류제한기의 임피던스 분석”, 대한전

기학회논문지, 58권, 8호, pp.1479-1484, 2009.

[10] 유일경, 김진석, 김명후, 김재철, 임성훈, “모의배전계통에 초전도한류기의 도입위치에 따른 전류제한 특성”, 한국조명전기설비학회 논문지, 23권, 12호, pp.90-95, 2009.

[11] 한국전력공사, “배전실무Ⅲ”, 2006.

저 자 소 개



김진석 (金辰碩)

1983년 1월 26일생, 2007년 서울산업대 전기공학과 졸업, 2009년 숭실대 대학원 전기공학과 졸업(석사), 2009년~현재 동대 대학원 전기공학과 박사과정.
Tel : (02) 817-7966
Fax : (02) 817-0780
E-mail : redwolf832@ssu.ac.kr



임성훈 (林成勳)

1973년 11월 1일생, 1996년 전북대 전기공학과 졸업, 2003년 동대 대학원 전기공학과 졸업(공학박), 2006년~현재 숭실대 전기공학과 교수.
Tel : (02) 828-7268
Fax : (02) 817-7961
E-mail : superlsh73@ssu.ac.kr



김재철 (金載哲)

1955년 7월 12일생. 1979년 숭실대 전기공학과 졸업. 1983년 서울대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1987년 동대 대학원 전기공학과 졸업(공학박). 1988년~현재 숭실대 전기공학과 교수.
Tel : (02) 817-0647
Fax : (02) 817-0870
E-mail : jckim@ssu.ac.kr



최종수 (崔鍾壽)

1958년 2월 19일생. 1993년 서울산업대학교 전기공학과 졸업. 2001년 8월 한양대학교 산업대학원 전기공학과 졸업(석사). 2010년 2월 숭실대학교 대학원 전기공학과 졸업(박사).
Tel : (041) 330-5010
Fax : (041) 330-5005
E-mail : choijs@kesco.or.kr