

22.9kV 지중선로용 한류기 한전 실계통 시범적용

김민지, 박경원, 안길영, 김영근
LS산전

Application of Fault Current Limiter in 22.9kV KEPCO power distribution line

Min Jee Kim*, Kyungwon Park, Kil-Young Ahn, Young-keun Kim
Electro Technology R&D Center, LSIS co.ltd,

Abstract - Watertight 25.8 kV/600 A/12.5 kA fault current limiters (FCLs) have successfully installed in five areas (Incheon, Seoul, Gyeong-gi, Daejeon, Suwon) on KEPCO power distribution line for the purpose of commercial demonstrations. The fault current limiting operation of this FCL, which includes functions of sensing, commutation, and reduction of fault currents, is perfectly completed within 1 cycle immediately after fault occurs. The performance of FCL was verified by short circuit test, impedance test, insulation test, temperature-rise test, and control test, etc at PT&T in LS industrial systems, which is the official certification institute in Korea. In 2013, and also the FCL field test was performed in order to test the protection coordination between conventional relays and FCL, on the 1.5 kA and 5.0 kA faults, which were made by connecting the Artificial Fault Generator (AFG) to the distribution line in test grid at KEPCO Power Testing Center. The next step of this project is to check the FCL conditions caused by real external environment, and acquire the various data from five regions installed with FCL. In this paper, we intend to explain the FCL specifications and performance characteristics, and check the expected effect by application of FCL to power distribution line based on the power system analysis of an application site.

한류형 한류기는 고장전류를 측정하는 변류기(CT)와 고속스위치(Fast Switch, FS)로 구성된 주회로와 고장전류를 제한하는 한류저항(Current Limiting Resistor, CLR)이 설치된 한류회로로 구성되어 있다. 또한 변류기에 의해 측정된 고장전류를 고속으로 검출 하는 고속고장 검출장치(Fast Fault Detector, FFD) 및 고속스위치를 제어하는 전자회로부가 있다. 고속스위치가 동작할 경우 고속스위치에서는 상태신호를 디지털 계전기 측으로 보내어 후속동작 또는 인접 CB를 트립시키는데 활용한다. 즉, 계통에 부하 전류만 흐를 시 한류기는 통전기능을 수행하게 되고 고장전류가 흐를 시 고속으로 고장전류 검출하여 고속스위치 개폐기구부

1. 서 론

수밀구조의 25.8 kV/600 A/12.5 kA 한류기는 지중배전선로의 보호협조 구현을 통한 계통 정전 구간(또는 시간) 최소화와 신속한 고장전류 저감을 통한 선로의 기계적 열적 스트레스 경감을 목적으로 개발되었다. 또한 한류기의 한전 시범사용 규격 제정 및 한국전기연구원(KERI)에서의 규격시험이 완료 되었고, 고장 한전 시험 선로에서의 AFG를 이용한 필드 테스트(인위적 고장전류 발생을 통한 한류기 성능 구현)를 통해 한류기의 효과가 입증되었다. 최근에는 한전 5개 사업소(인천, 서울, 경기, 대전충남, 남서울 일부)에 한류기를 설치 완료 하였고, 약 1여년간의 운전을 통해 고장 발생에 대한 한류기의 기능 구현 뿐 만 아니라 외부 환경에 따른 침수, 온도상승, 결로 발생 등 운영실태 및 개선사항 여부를 점검할 계획이다.

현재 국내에서는 자사 초전도 복합형 한류기가 2011년 경기도 이천 변전소에 시범 설치되어 운전중에 있고, 현재까지 약 3차례 발생한 고장전류에 대해 한류 동작하였다. 2012년에는 초전도체가 사용되지 않은 한류기가 광양 포스코에 설치되어 고장으로 인한 선로의 저전압 발생을 방지하여 생산 장에 및 고장선로 전력설비의 기계적 충격을 완화시켜 주고 있다.

본 논문에서는 한전 선로에 설치된 한류기 개발 사양 및 기본 성능을 이해하고, 한류기 설치 계통의 분석을 통해 한류기 적용시 기대효과를 구체적으로 검토해 보고자 한다.

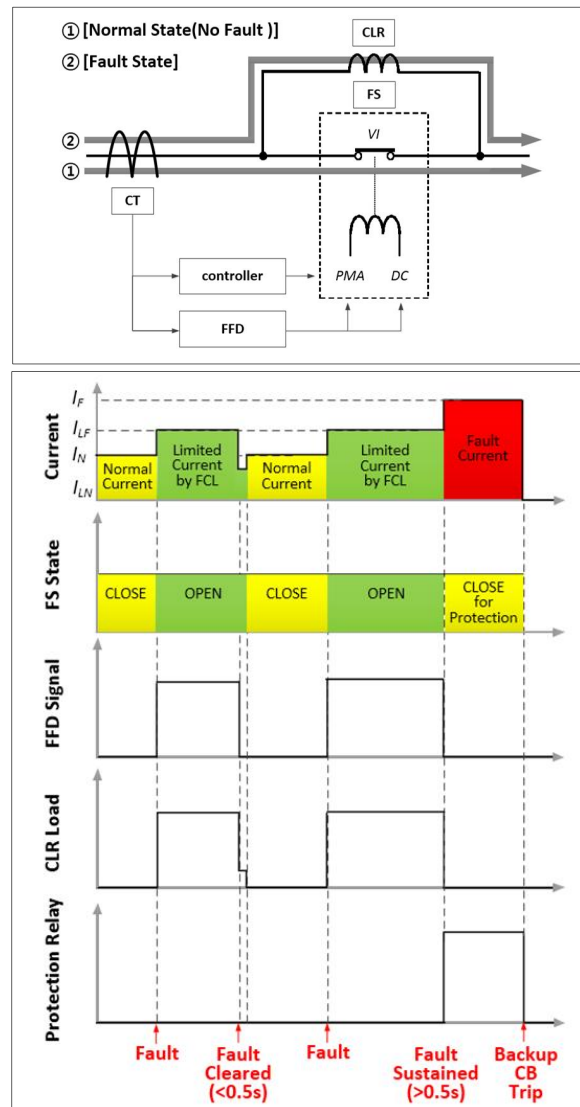
2. 본 론

2.1 한류기 정격 및 기본 성능

한류기는 전력 계통에 큰 고장전류가 발생하는 경우 빠른 시간 내에 사고 전류를 적정 값 이하로 낮추어 전력기기의 기계적/열적 스트레스 저감, 선로 저전압 보상 등 전력계통 신뢰도를 향상시켜 주는 신개념 전력기기이다.

이러한 한류기는 고장전류 파형을 기준으로 반파 비한류형 한류기(고장 발생 후 첫 피크전류 이후 영점부터 한류)와 반파 한류형 한류기(고장 발생 직후 첫 피크전류 이내에 한류)로 구분할 수 있고 각각의 특징에 따라 적용 개소 및 효과가 다르다.

그림 1은 반파 비한류형 한류기의 동작 원리 및 시퀀스이다. 반파 비



<그림 1> 한류기 동작 원리 및 시퀀스

의 접점을 개극하여 한류저항 계통 투입을 통해 고장전류의 크기를 적정수준 이하로 낮추게 된다. 한류기능 수행 후 고장전류가 해소되면 계전기가 이를 감지하여 고속스위치를 폐로동작 시키고 한류저항을 통해 흐르던 전류는 주회로로 흐르게 된다. 이러한 정상복귀 동작은 간선의 차단기와 협조동작을 해야 하므로 고장전류가 제거되고 일정 시간 후 정상복귀동작을 해야 한다. 만약 고장전류가 0.5s 이내에 해소되지 않고 지속될 경우 한류기의 자기보호회로(고속스위치 CLOSE)가 동작하여 고장전류는 한류기의 주회로로 흐르게 된다.

2.2 한류기 설치 계통 분석

한전 실계통 5개소(인천, 서울, 경기, 대전충남, 남서울 본부)에 설치된 한류기는 정격전압 25.8kV (공칭전압 22.9kV-Y), 정격전류 600A 이하의 교류회로에 적용되는 옥외용 한류기로 표 1에 정격이 정리되어 있다. 한전 계통 중 고장 발생 빈도가 높은 지역의 변전소와 다회로 차단기 사이에 설치된 한류기는 고장 전류 저감과 차단기와의 보호협조를 통해 정전구간을 최소화하는 것이 목적이다.

그림 2는 한류기 설치 계통 구성과 사진을 보여주었고, 그림 3은 한류기 설치 지역 중 인천의 계통 정보를 보여주고 있다. 한류기가 설치된 인천의 작전 배전선로의 1 구간 공장은 약 2,843km로, 발생할 수 있는 최대 고장전류는 약 8,000A 이다. 다회로 차단기 후단에서 발생할 수 있는 고장전류는 약 6,500A로 한류기에 의해 2,240A까지 한류 될 수 있고, 만약 3,000A의 고장전류가 발생 한다면 한류기에 의해 1,830A로 한류 될 수 있다. 한류기는 계통에서 3,000A이상의 전류가 발생할 시 고장으로 인식할 수 있게 5 In 으로 고장전류 값을 설정하였다. 변전소 차단기의 한시커브는 KVI 곡선으로 단락과 지락 고장의 경우 한시범은 각각 4와 0.7, 한시레버는 3으로 동일하게 셋팅되어 있다. 순시범은 50과 45로 셋팅되어 있고, CT 비는 600 : 5 이다. 다회로 차단기의 한시커브는 N3 한전 곡선으로 단락과 지락 고장에 대해서 최소동작전류를 400A, 70A로 설정하였고, 대전류 개방 동작전류는 각각 3,500A, 1,750A로 설정하였다. 이러한 계통에서의 한류기 미설치 또는 설치시의 보호협조를 다음과 같이 검토 할 수 있다.

(1) 한류기 미설치시

- 변전소 차단기 순시범(단락 6,000A, 지락 5,400A) 이상의 고장에 대해서 변전소와 다회로 차단기 간의 보호협조 불가능
- 변전소 차단기 순시범(단락 6,000A, 지락 5,400A) 이하 그리고 다회로 차단기 순시범(단락 3,500A, 지락 1,750A) 이상의 고장에 대해서 순시 보호협조 가능
- 다회로 차단기 순시범(단락 3,500A, 지락 1,750A) 이하의 고장에 대해서 한시 보호협조 가능

(2) 한류기 설치시

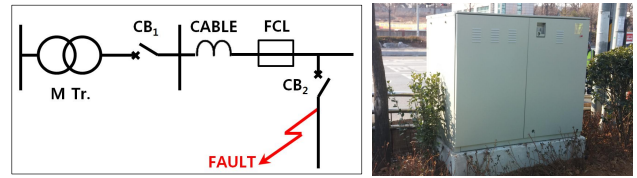
- 한류기에 의해 전류 제한되어 3,000A이상의 모든 고장 전류에 대해 변전소와 다회로 차단기 간의 한시(단락), 순시(지락) 보호협조 가능

(3) 제안 사항

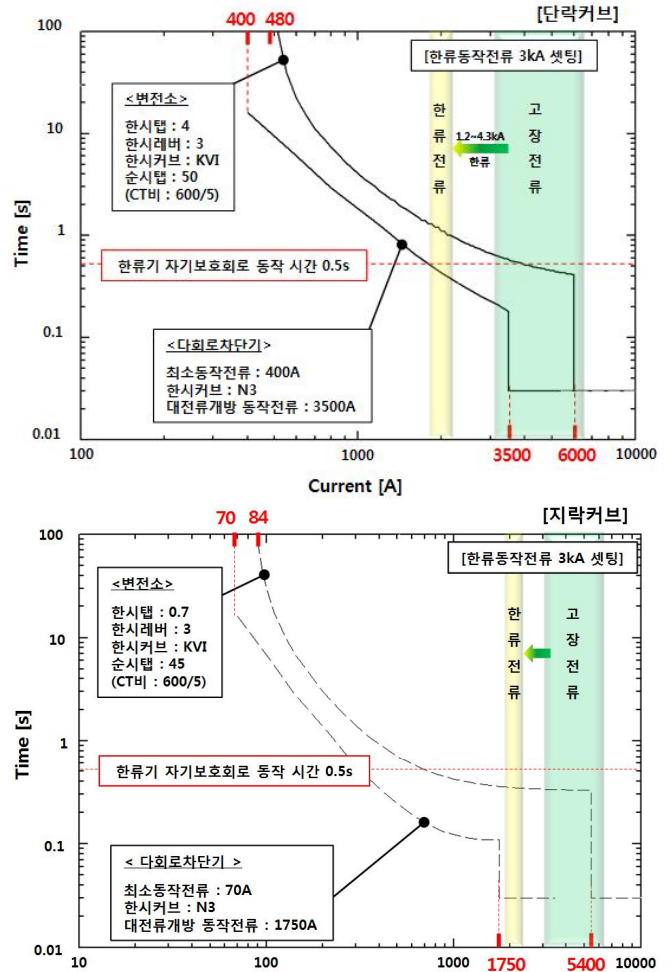
- 순시 보호협조를 위하여 다회로 차단기 단락 순시 정정치를 약 1,500A로 설정 (순시 정정 여부는 수용가를 고려하여 검토되어야 함)

<표 1> 한류기 정격

항 목	한류기 정격
형 명	LGL-25AL13A06K05-□
정격 전압	25.8kV
정격 주파수	60 Hz
뇌임펄스 내전압	125kV BIL
상용주파 내전압	60kV/1min
정격 전류	600A
정격 단락 전류	고장전류 기준 12.5kA/0.5s (실제 통전전류 2.9kA 미만)
한류 동작 전류	5단계 설정(1.5, 2.3, 4.5 ×In)
기계적 수명	무부하 개폐 1,000회
조작 방식	자동형
제어 전원 전압	DC 110V
주회로 접촉 저항	≤ 200 μΩ
한류 회로 저항	5.2Ω ±5%
절연매질	공기
크기	1600(W) × 1100(D) × 1400(H) mm
무게	1.5 ton



<그림 2> 한류기 설치 계통 구성 및 사진



<그림 3> 한류기 설치 계통 분석 (인천)

3. 결론 및 향후 계획

25.8kV 지중선로용 한류기의 개발 및 한전 시범사용 규격 제정, 인증기관 시험 및 필드 테스트가 완료되고, 한전 실계통 5개소에 한류기 설치 완료됨에 따라 한류기의 상용화가 점점 현실화 되고 있다. 본 논문에서는 한류기의 동작 원리 및 정격을 이해하고, 설치 계통 분석을 통해 한류기 적용으로 인한 기대효과를 검토하였다. 5개소에 설치된 한류기의 실계통 운전을 통해 외부 환경에 따른 침수, 온도상승, 결로 발생 등 운영상태 및 개선사항 여부를 점검할 계획이다.

[참 고 문 헌]

- [1] Min Jee Kim, Wonjoon Choe, Seung-Hyun Bang, Hae Yong Park, Gyeong-Ho Lee, Jungwook Sim, Kil-Young Ahn, Jong Ho Lee, Young-keun Kim, Jung Kwon Yang, "Development of a Fault Current Limiter for 22.9 kV Distribution Power Line", International Conference on Electric Power Equipment-Switching Technology 2013, October 22, 2013