

DCB 방식 154kV 송전선로 보호 계전기 동특성 성능검증 절차서 작성

장병태, 최창열, 이명희*, 김병현*
한전 전력연구원, 한국전력공사*

Construction of DCB scheme 154kV transmission line protective relay dynamic test procedure

B.T. Jang, C.Y. Choi, M.H. Lee*, B.H. Kim*
KEPRI, KEPCO*

Abstract - 지금까지 국내 디지털 보호계전기의 성능 검증은 동작 특성 시험 등 정특성시험(steady-state performance) 검증 위주로 수행되어 왔으며, 신규개발 디지털 보호계전기 및 신규 도입 디지털 보호계전기에 대해서는 정특성 시험과 함께 시뮬레이터를 이용한 동특성 시험을 병행하여 왔다. 동특성 시험은 보호계전기에 내장된 계전요소들의 유기적인 성능을 검증할 수 있는 시험으로서 복수 개의 보호계전요소를 탑재하고 있는 디지털 보호계전기를 검증하기 위해서는 필수적인 성능검증 수단이다. 그러나 이러한 장점들과 편리함에도 불구하고 디지털 보호계전기의 성능검증에 사용되는 계통 모델이 실 계통을 정확하게 반영하지 못할 경우 검증 결과의 신뢰성을 보장하기가 어렵다. 본 논문에서는 154kV 송전선로 보호용 디지털 보호계전기의 성능 검증을 위한 기반 구축 과정 및 결과에 대해서 기술한다.

1. 서 론

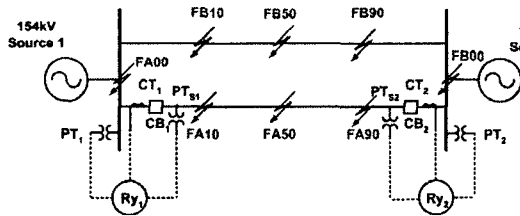
154kV 송전선로는 선로 양단에 전원이 존재하고 있어 무방향성 계전기로서는 방향판정이 불가능하여 고장구간을 선택 차단할 수 없으므로 방향성을 갖는 보호방식이 필요하다. 154kV 송전선로 보호방식에는 보호구간, 즉 송전선로를 100% 완전하게 보호할 수 있는 주보호와 주보호의 부동작이나 차단기 trip 실패 등으로 송전선로의 고장을 제거하지 못할 경우 인접 변전소에서 고장을 제거할 수 있는 후비보호로 구분되고 주보호로는 PCM 전류차동방식이나 DCB와 같은 carrier 방식이 사용되고 후비보호로는 방향성 과전류 계전방식이나 단계한시 거리계전방식이 사용된다. 또한 송전선로 보호는 모선 보호나 변압기 보호용 계전기와는 달리 재폐로 요소를 고려해야 하며 따라서 동기검정이 반드시 필요하다. 본 논문에서는 154kV 송전선로 보호용 디지털 방향비교 방식 보호 계전기의 시험을 위한 모의 계통 작성 및 검증 절차를 기술하였다.

2. 시험 환경 구축

2.1 154kV 송전선로 기본 구성 및 고장 발생 위치

국내 154kV 송전선로는 일반적으로 아래의 그림 1과 같은 가공 병행 2회선 선로로 구성되고 있으며 선로 보호를 위한 모선 CT 및 PT 외에 재폐로 동기 검정을 위한 선로 PT로 구성된다.

국내 계통에 가장 적합한 송전 선로의 선종을 선택하기 위해 전력거래소에서 발간한 '2002 전력계통 설비정수 종합표'에 수록된 154kV 송전선로를 모두 분석하였으며, 이를 토대로 국내 계통에서 사용되고 있는 가장 보편적인 선종인 A410B(ACSR 410mm²) 2회선 선로를 시험 선로로 결정하였다.



〈그림 1〉 154kV 송전선로 보호용 보호계전기 검증 계통

- FA10, FA50, FA90 : 내부 고장
- FA00, FB00 : 외부 모선 고장
- FB10, FB50, FB90 : 외부 상대 선로 고장

이상이 기본적인 고장 위치이며 PSCAD 상의 고장 위치를 결정하는 Slider의 조절을 통해 고장 위치를 변경할 수 있다.

2.2 PSCAD 모의 계통 구축 및 하드웨어 결선

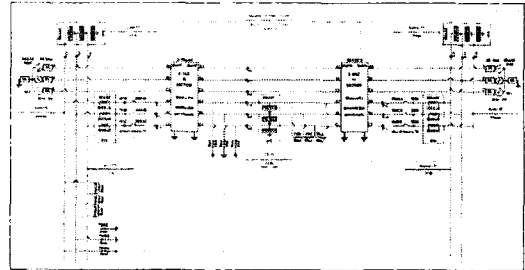
모의 계통에 사용하는 전력계통 데이터는 선로 정수 표를 참조하였으며 이는 표 1에 나타났다. 154kV 전원 소스의 데이터는 각각

안성S/S의 등가 임피던스와 154kV 용인 S/S의 등가 임피던스를 사용하였고 선로 데이터의 경우, 용인-안성 간 용인 #1, #2 T/L의 선로 정수를 사용하였다.

〈표 1〉 선로정수 데이터

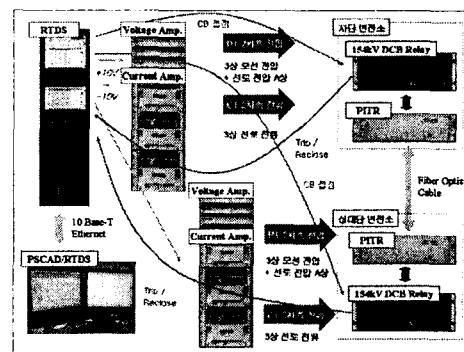
용인 #1, #2 T/L	
R1+jX1	0.4596 + j 3.6354
R0+jX0	2.5145 + j 11.0173
Rm + jXm	2.0549 + j 5.9432
Y1	j 2.9790
선종 / 공장	A410B / 25.991km
안성 변전소 1차 측 등가 Impedance	
R1+jX1	0.213 + j 1.568
R0+jX0	0.939 + j 4.581
용인 변전소 1차 측 등가 Impedance	
R1+jX1	0.081 + j 0.866
R0+jX0	0.384 + j 1.956

PSCAD/RTDS 상의 스위치 제약으로 인하여 시험이 필요한 모든 구간이 고장 컴퍼넌트를 구성하지 못하였고 필요에 따라 FA00지점의 고장 컴퍼넌트를 이동해 가며 시험을 수행하였다.



〈그림 2〉 PSCAD 계통도

154kV DCB 방식 송전선로 보호 계전기 시험에는 ODAC16 카드 5개를 사용하여 3상 전압 3채널(자단 모선전압, 상대단 모선 전압, 공통 선 전압)과 3상 전류 2채널을 각각의 보호 계전기에 제공하였다. Digital Input Port 신호의 경우 보호 계전기로부터의 Trip 접점 전달에 사용하였고, Digital Output Port 신호의 경우 차단기의 On/Off 상태를 보호계전기에 제공하는 역할을 한다.



〈그림 3〉 154kV 송전선로 보호계전기 시험 환경

작성된 계통 모델에 대한 검증과 성능 검증 절차서의 신뢰성 확보를 위해서 SEL사의 SEL-311L-7 모델을 사용하여 성능 시험을 수행하였으며 [그림 3]과 같이 2대의 SEL-311L-7 모델과 2대의 IMUX2000 모델, 그리고 보호계전기의 정정 및 결과 분석을 위한 PC로 구성된 시험 환경을 구성하여 시험을 수행하였다.

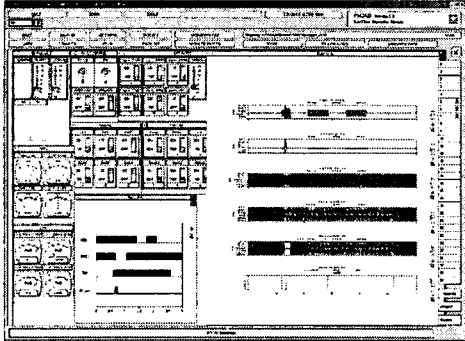
2.3 시험 수행

◆ 단순 고장 시험

보호구간 내·외부에 각각 고장이 발생했을 때, 154kV 디지털 방향 비교방식 송전선로 보호계전기의 성능을 시험한다. 보호 구간에 순간 고장이 발생했을 경우 30ms 이내에 고장을 제거하고 재폐로를 성공해야 하며, 보호 구간 외부에 고장이 발생했을 경우 동작하지 않아야 한다. 내부 고장이 장시간 고장으로 발생했을 경우 30ms 이내에 차단기가 차단이 되는 것을 확인하고 재폐로는 실패하는 것을 확인한다.

◆ 다중 고장 시험

보호 구간 내부와 외부에, 내부와 외부에 동시에 고장이 발생하였을 때, 방향비교 방식의 보호 특성을 시험한다.



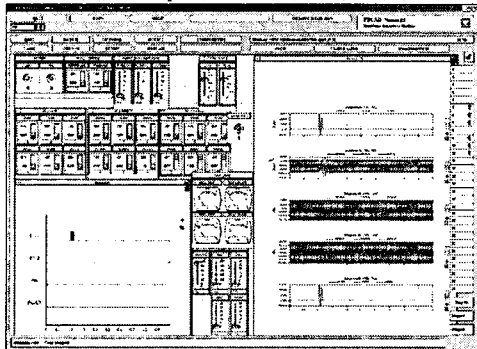
〈그림 4〉 단시간 내부 - 장시간 외부 다중고장 시 시험 결과

◆ 진전 고장 시험

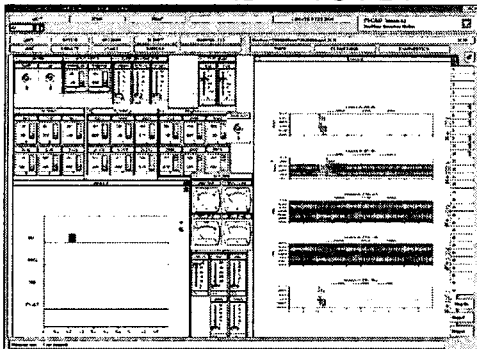
보호 구간 내부와 외부에 고장이 순차적으로 발생하였을 때, 방향비교 방식의 다양한 동작 특성을 검증한다. 특히 내부 진전 고장인 경우, time delay의 정도에 따라서 고장 target 표시와 재폐로 성공 여부에 차이가 있다. 따라서 동일한 고장 종류에 대해서 time delay만 변경하는 시험 역시 필요하다.

◆ SOFT 시험

송전선로에 영구고장이 발생하여 양단 차단기 개방 상태에서 고장 제거 작업을 한 후, 접지 스위치를 제거하지 않은 상태에서 차단기를 닫는 경우에 대한 시험인 SOFT 시험을 수행한다. 특히, 90% 지점에 대한 시험 수행시, SOFT 기능을 On한 경우와 Off한 경우에 대해 차단 보호계전기 Trip 시간의 차이를 확인한다.



〈그림 5〉 SOFT 기능 On 시 동작 결과



〈그림 6〉 SOFT 기능 Off 시 동작 결과

◆ CT 포화 시험

CT 포화가 발생했을 때의 방향비교 방식의 보호 기능을 시험한다. 내부 고장과 외부 고장에 대해서 각각 정동작해야 한다. 내부 고장에 대해서는, 고장 전류를 크게 하기 위해서 모선 근단 지점(10% 지점)에 고장을 발생시킨다.

◆ CT 개방 시험

CT가 open 되었을 때, 전류차동 보호기능을 시험한다. CT가 단상

만이 개방되었을 때와 3상 모두 개방되었을 때에 대해서 각각 시험을 한다.

◆ PT Failure 시험

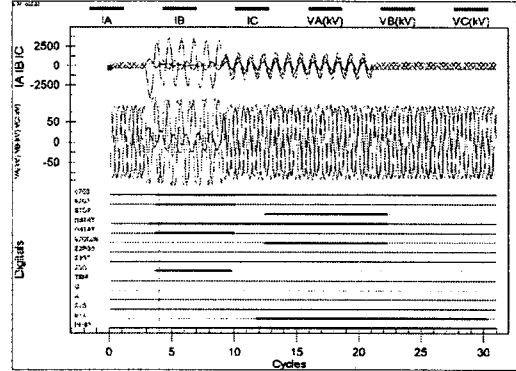
PT Failure 발생 시 보호기능을 시험한다. 단상 PT failure가 발생했을 때와 3상 PT failure가 발생했을 때에 대해서 각각 시험을 한다.

◆ 고저항 지락 한계 검출 시험

고저항 지락 고장 발생 시, 보호계전기가 고장을 검출할 수 있는 한계를 시험한다.

◆ 고장전류 반전 대책 시험

2회선 병행 선로에서 인접 선로의 모선 근단 고장 발생시, 해당 차단기에 의한 고장 제거 직후 고장 전류가 반전될 때, 방향비교방식을 사용하는 보호계전기의 성능을 시험한다. 고장 전류가 반전될 때 인접 선로에 있는 보호계전기가 오동작하지 않는 것을 시험한다.



〈그림 7〉 고장전류 반전 시 차단 계전기 파형

◆ 지근단 고장 시험

보호계전기 설치점 인근에서 3상 단락 고장 시 보호계전기에 인가되는 전압이 거의 0V로 강하되어 방향 판정이 곤란할 때, 보호계전기가 고장 발생 수 cycle 전의 전압을 기억하여 방향 판정용으로 사용하는 memory 기능을 시험하는 것을 목적으로 한다.

◆ 진상 Over-reach 대책 시험

보호구간 내부에 고장 저항을 수반한 2선 지락 고장이 발생하였을 때, 진상에 의한 Over-reach 현상이 발생할 수 있으며, 이 경우 진상 지락 고장에 의한 trip이 발생할 수 있다. 이에 대한 대책 기능을 시험한다.

◆ 단시간 고장 시험

단시간 고장이 발생했을 때, 보호계전기의 동작 특성을 확인한다. 또한 고장상 판별 능력도 확인한다.

◆ 중부하 조류 시험

2회선 병행 선로에서 1회선의 탈락에 의한 부하 전류 증가시, 보호계전기가 오동작하지 않는 것을 시험한다. 또한 이 경우에서 고장 발생 시 정동작 하는 것을 확인한다.

3. 결 론

RTDS를 이용한 154kV 송전선로 보호 계전기 동특성 성능 검증 기반의 구축을 위해서 PSCAD 절차서, RTDS 절차서 및 154kV 송전선로 보호계전기 성능검증 절차서 1부를 각각 작성하였다. 각 절차서는 한전 구매시방서 상의 시험 요소를 참고로 구성하였으며 구성된 절차서의 활용 가능성의 검증을 위하여 SEL사의 311L-7 계전기를 이용하여 직접 시험해 보았다. 시험 결과 제안한 PSCAD/RTDS 계통을 이용하고 절차서의 시험 순서를 따르는 보호계전기 동특성 시험에서 각 보호 요소 및 시험 항목에 관하여 적용 가능함을 검증할 수 있었다.

제안한 디지털 보호계전기 성능 검증 절차서를 활용하여 기존 디지털 보호계전기 및 신형 디지털 보호계전기의 성능 검증에 적용할 수 있으며, 국내의 성능 시험 기관에서 RTDS를 이용하여 디지털 보호계전기의 성능 검증을 수행하였을 때 성능 검증 결과의 신뢰성 및 적정성 검토에도 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

〔참 고 문 헌〕

- [1] 산업자원부, "디지털 보호계전기 성능 검증을 위한 계통 모델 작성 및 검증 절차 수립", 2005. 4
- [2] 한국전력공사, "보호계전기 정정 지침", 1999. 1
- [3] 전력연구원, "RTDS 하드웨어-전력 계통 해석용 시뮬레이터 개발 및 설치", 2001. 10
- [4] 한국전력거래소, "급전계통도면철", 2002

본 논문은 산업자원부 전력산업연구개발사업의 지원을 받아 수행되었습니다.