

765kV 송전선로 보호시스템 신뢰성 검증을 위한 End to End Test 실계통 적용

전명렬, 윤장완, 오세일, 김범진, 김명호
한전 전력연구원

Application of End to End Test on System
for 765kV Transmission Line Protection System Reliability Verification

Jeon M.R, Yun J.W, Oh S.I, Kim B.J, Kim M.H
KEPCO KEPRI

Abstract - 우리나라는 1980년대 이후 급격한 경제성장에 따라 년 10%대의 급격한 전력수요 증가를 보이고 있으며, 1인당 전력소비량 또한 매년 큰 폭의 증가세를 보이고 있다. 특히, 주요한 전력 수요 증가지대가 경인지역에 집중되어 있으나, 이 지역은 인구 밀집지역으로 환경과 입지적인 관점에서 새로운 발전원을 개발하기가 곤란하다. 이에 따라 대용량 발전단이 있는 중서부권이나 영동권으로부터 수요지인 경인지역으로의 대규모 전력전송로가 필요하게 되었다. 이에 따라 1979년부터 765kV로의 전압격상을 준비하였으며, 1983년부터 765kV 연구개발을 시작하여 1997년 10월에 1차로 765kV 송전선로에 345kV 가압을 시작하여 2002년 5월 8일에 역사적인 765kV 송전을 개시하였다.

전력계통운용에서 765kV 송전선로의 중요도가 매우 커지게 됨으로써 국내 최초로 적용되는 765kV 송전선로 보호시스템의 정동작 여부를 정확히 판단하여 전력계통의 보호 신뢰도를 향상시키는 문제가 중요하게 대두되었다. 본 논문에서는 시각동기장치가 부착된 보호계전기 시험장치를 이용하여 양단 변전소에서 동시에 EMTP와 RTDS 등으로 검토된 송전선로 고장상태를 인가하여 보호시스템의 정동작 여부를 종합적으로 판정하는 시험기술을 개발하여 실적용한 사례와 향후 사용 계획에 대해서 기술하였다.

한 방식은 전자의 방식을 택하였다.

765kV 송전선로는 양단자 사이에서 고장이 발생한 경우 그림 1과 같이 HSGS(고속도 접지스위치, High Speed Ground Switch)를 이용하여 재폐로 동작을 수행하게 된다.

따라서 본 시험기술의 적용 목적은 765kV 송전선로 보호시스템의 Sequence적인 정동작 특성을 검증하는데 있으며, 이를 위해 시각동기장치를 부착한 보호계전기 시험장치를 이용하였다. 사용된 데이터는 Simulation Tool를 이용한 모의사고 데이터를 적용하였다.

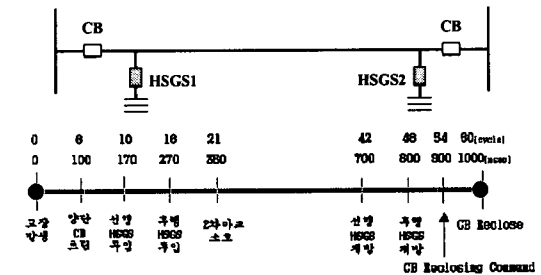


그림 1. 765kV 송전선로 재폐로 방식

1. 서 론

765kV 송전선로가 기간계통으로 실 계통에 적용 운전됨으로써 안정적 계통운동을 위한 보호계전기시스템의 신뢰도 평가 기술이 매우 중요하게 되었다. 본 논문에서는 송전선로 고장상태에서 동작하는 보호계전기의 정동작 여부를 정확히 판단하여 전력계통의 보호 신뢰도를 향상시키기 위한 방법을 제안하였다. 그 방법으로는 시각동기장치가 부착된 보호계전기 시험장치를 이용하여 양단 변전소에서 동시에 EMTP 및 RTDS 등으로 검토된 송전선로 고장상태(Transient 및 Dynamic State)를 인가하여 보호시스템의 정동작 여부를 종합적으로 판정하는 시험기술을 개발하여 적용한 사례와 향후 사용 계획에 대해서 기술하였다.

2. 본 론

2.1 End to End Test 개요 및 적용 목적

End to End Test란 양단 변전소에서 동시에 송전선로 고장상태(Transient 및 Dynamic State)를 재현하여 보호시스템의 정동작 여부를 종합적으로 판정하는 시험기술으로써 시각동기장치가 부착된 보호계전기 시험장치를 이용하거나 양단 PC간의 전용선로를 이용한 원격제어방식의 시험방법이 있다. 전자는 시험할 때, 양단에 시험자가 시험 단계마다 유선으로 확인할 필요가 있으나, 후자는 Master PC에서 Slave PC를 제어함으로써 편단에서 모든 시험의 검증이 가능하다. 이번에 적용

2.2 Test 방법 및 순서

시험방식은 크게 두 가지로 나눌 수 있다. 먼저 동특성 시험은 기본 주파수 성분의 전압과 전류를 동시에 인가하는 방법이고, 과도특성시험은 실 계통에서 취득된 고장 데이터를 COMTRADE 파일로 변환하여 계전기에 인가하는 방법이다.

적용된 기술로는 시험장비 운용기술, 소프트웨어 운용기술(고장 재현 및 시각동기장치 운용 프로그램), 시뮬레이션 장비간 시각 동기화 기술 및 GPS 수신기 운용기술 등을 들 수 있다.

양단에 GPS 안테나 및 Power System Simulator를 이용하여 그림 2에서와 같이 구성하고 그림 3과 같은 순서로 시험을 하였다.

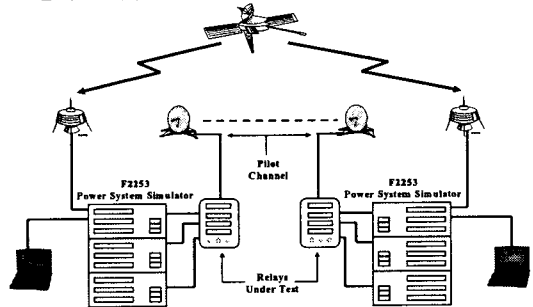


그림 2. End to End Relay Test 개념도

이때, 계전기가 고장장장 기능을 구비하였다면 별도의 데이터 분석 장치가 필요하지 않지만, 전자식 계전기의 경우에는 별도의 Analog 8 채널이상, Digital 16 채널 이상의 장치가 별도로 필요하다.

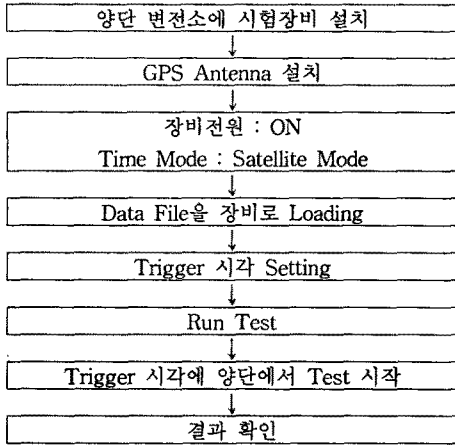


그림 3. 시험 절차도

2.3 적용 사례

2.3.1 적용 장비 및 특징

2002년 3월, 국내 최초 실 계통에서의 End to End Test 시험을 시행하였다.

시험에 사용된 장비는 현재 한국전력공사에서 사용하고 있는 Doble사의 Power System Simulator (F2253)를 사용하였으며, 운용프로그램은 TransII와 Protest 1.52를 사용하였다. GPS 안테나는 Trimble사의 모델을 사용하였다.

[F2253]의 Transient Waveform Generator(TWG)는 각 Channel당 16bit 256,000 샘플을 저장 가능한 메모리를 가지고 있으며, 과도현상 재현 프로그램인 [TransII]는 고장 데이터를 편집 및 재생할 수 있다. [TransII]의 특징은 다음과 같다.(그림 4 참조)

- 1) GUI(Graphic User Interface)를 이용하여 Transient Data 파일을 편집, 시각화
- 2) EMTP, ATP, DFR, Digital 계전기에서 받은 COMTRADE 파일 재현 기능
- 3) GPS 시각 동기기를 이용한 End to End Test 기능

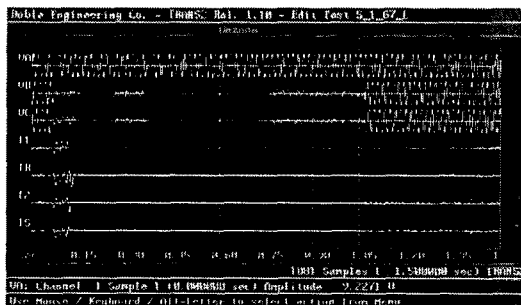


그림 4. TransII에서 재현된 고장 데이터

2.3.2 시험 방법

1차로 2002년 3월 현재 건설되어 있는 신서산S/S와 신안성S/S 양단에서 적용 시험을 실시하였고, 2차로 신

서산S/S와 당진화력 양단에서 실시하였다. 1차 시험에서는 신서산#1,2T/L을 시험하였으며, RTDS Output Data(12 Case)과 Mitsubishi Simulation Data(13 Case)를 적용하였다. 2차 시험에서는 당진화력#1,2 T/L을 시험하였고, RTDS Output Data(4 Case)와 Mitsubishi Simulation File(5 Case)를 적용하였다. 1, 2차 시험에서 얻어진 계전기 저장 데이터를 이용하여 재시험을 실시함으로써, 계전기 저장 데이터의 신뢰성 확인과 계전기의 동작 특성도 재확인하였다. 그림 5는 위의 두 가지 중 1차 시험의 개념도를 나타내고 있다.

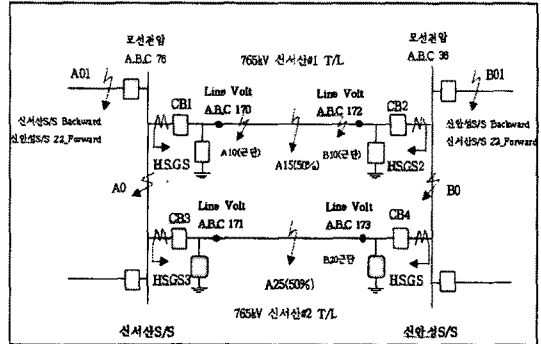


그림 5. 실적용 시험 개념도

1차 시험에서 사용한 Simulation Data는 총 25가지의 고장 유형을 신서산#1T/L 1st Main과 2nd Main에 각각 적용하였으며, 신서산#2T/L 1st, 2nd Main에도 동일하게 적용하여 시험하였다. 이 중 다상 재폐로 관련 시험은 인접 선로의 조건을 맞추어 시험하였다.

2.3.3 시험 예

- 1) 고장 Data : Mitsubishi Simulation data
- 2) 고장 위치 : A15(선로의 50%)
- 3) 고장 형태 : bc-g 및 재폐로 동작
- 4) 보호계전기 : M32EPCKR01(Mitsubishi)
- 5) 선로 및 길이 : 신서산#1T/L, L=137.4km
- 6) 운용 프로그램 : [TransII]
- 7) 장비 및 오차 : [F2253]
 - Test of day $\pm 5\mu s$.
 - Phase angle 정확도가 $\pm 50\mu s/1 \text{ degree}$.
- 8) 특기사항
 - 신안성S/S와 신서산S/S의 양단간에 HSGS 설치
- 9) 기상조건 : 맑음

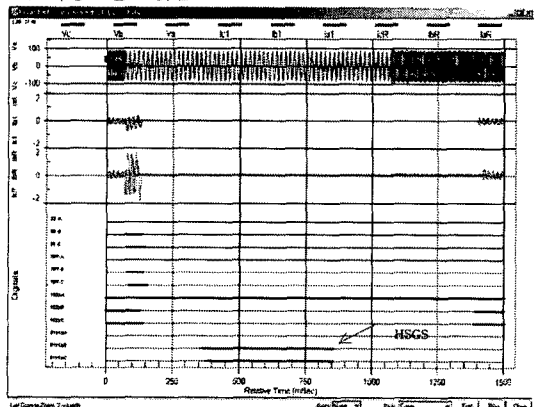


그림 6. 신안성S/S 신서산#1T/L 보호반 저장 데이터

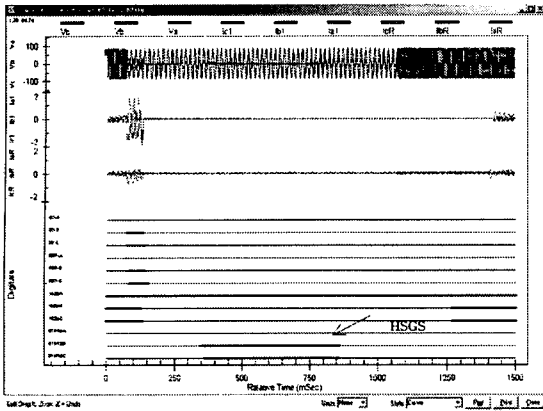


그림 7. 신서산S/S 신서산#1T/L 보호반 저장 데이터

10) 분석 결과

(a) 기존의 편단시험에서 얻지 못한 양단간의 고장 데이터를 얻음으로써 실 고장 때와 같은 고장 분석이 가능하며, 전송로를 포함한 보호시스템의 전반적인 평가를 하였다.

(b) 양단에 설치된 HSGS의 동작 Sequence를 점검한 결과 양호하였다.(그림 6,7 참조)

(c) 시험을 준비하는 데 있어서 많은 시간이 소요되며, 양단간의 긴밀한 협조가 이루어져야 효율적인 시험이 가능하다. 즉, 시험절차서의 필요성이 대두되었다.

(d) 맑은 날씨에도 불구하고 시각 동기 신호가 끊기는 현상이 발생하여 시험을 하는데 어려움이 있었다.

(e) 시각동기의 유무를 수시로 점검할 필요가 있으며, 동기가 맞지 않는 경우와 시험 파형이 인가되지 않는 경우도 가끔 발생하였으며, 시각이 서로 다르게 인가되는 경우도 발생하였다. 또한, 시각동기가 안될 경우 회복되기까지 기다리는 데 소요되는 시간이 있어 실제 시험시간은 계획한 시간의 30%정도 더 소요가 되었다.

2.4 End to End Test의 향후 계획

현재 보유한 End to End Test 기술의 사업소 전수가 진행되고 있다. 또한 원격제어방식의 시험방법을 습득한다면, 현재의 시험 방법에서 문제가 되었던 상대단과의 통신 장애 발생으로 인한 시험의 어려움은 해소될 것으로 기대된다.

이러한 기능은 OMICRON사의 End to End Test Program에서 제공되는 것으로 현재 본 그룹에서 장비를 구매하여 그 기술의 습득 과정에 있다.

향후 본 기술을 적용하여 765kV 2차 프로젝트인 신가평S/S와 신태백S/S 양단의 송전선로보호반 준공시험에 적용 예정이며, 345kV와 154kV 송전선로의 원인규명 시험 특히, 154kV에서 운영 중인 표시선제전방식의 원인규명에 활용할 예정이다. 또한, PCM(Pulse Code Modulation) 제전 방식에서는 양단에서 동기화된 전류를 동시 인가함으로써 비율차동 특성을 시험하여 시스템의 신뢰성 확보에 적용할 예정이다.

3. 결 론

시각동기장치가 부착된 보호계전기 시험장치를 이용하여 양단 변전소에서 동시에 EMTF 및 RTDS 등으로 검토된 송전선로 고장 상태를 인가하여 보호시스템의 정 동작 여부를 종합적으로 판정하는 시험 기술인 End to End Test를 제안하여 적용하였으며, 그 실용성에 대한 분석 결과 이에 대한 타당성을 검증할 수 있었다.

디지털 계전기의 정기시험에서 편단 계전기 특성시험

뿐만 아니라 양단의 전송선로가 포함된 시험을 함으로써 시스템의 신뢰성을 확보하고 시험시간을 단축하는 데 기여할 것으로 판단된다.

향후 본 기술을 765kV 2차 프로젝트인 신가평S/S와 신태백S/S 양단의 송전선로보호반 준공시험에 적용할 예정이며, 345kV와 154kV 송전선로의 원인규명 시험에 적용할 예정이다.

[참 고 문 헌]

- [1] 전력연구원, "보호계전기 시험기준 수립에 관한 연구", 2002. 08, p.400.
- [2] OMICRON Homepage, <http://www.omicron.at>
- [3] Zeljko Schreiner(OMICRON Electronics GMBH, Austria), "Remote Controlled Testing of Communication Schemes for Power System Protection Using Satellite(GPS) Synchronization and Modern Communication Technology: A New Approach"
- [4] Jay Gosalia, Dennis Tierney, "Tutorial on Using COMTRADE files for Relay Testing", 25th Annual Western Protective Relay Conference, October 14, 1998.
- [5] Cliff Tienken, Jay Gosalia, A.T.Giulante, "End-to-End Testing for Routine Maintenance", 1997 Annual Western Protective Relay Conference, October 21-23, 1997.
- [6] Bob Ryan, "Satellite-Synchronized, End-to-end Testing on Transmission Line Protection Schemes Including Recent Field Experience", Electric Council of New England Protective Relay Committee Meeting No.67, April 27, 1995.
- [7] Doble Engineering Company, "Trans II User's Guide, 72A-0965 Rev. C.", 1998.01.