

보호계전기 특성시험기술의 시험항목 변화

장병태, 이남호
한국전력공사 전력연구원

Testing Items Change on Characteristics of Protective relays

BYUNG TAE JANG, NAM HO LEE
Korea Electric Power Corporation

Abstract - The steady state performance test for the digital protective relay using general relay test equipment has been main test methods. Because of the development of advanced power system testing equipments, dynamic performance test has been carried out additionally using a digital simulator such as RTDS(Real Time Digital Simulator). For the case of newly adopted digital protective relay with IEC 61850 and network, performance testing items need supplementing. This report displays testing items change according to newly protective relay.

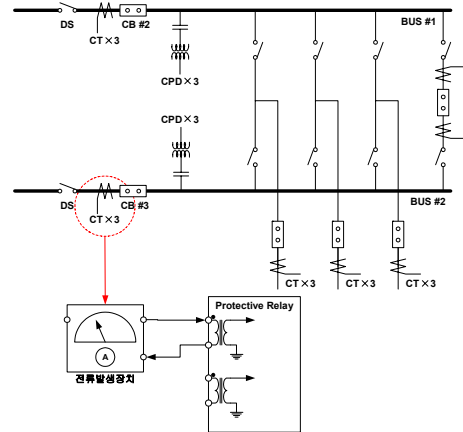
1. 서 론

지금까지 디지털 보호계전기의 성능 검증은 동작치 특성 시험 등 정특성 시험(Steady-state Performance) 검증 위주로 수행되어 왔으며, 신규 개발 디지털 보호계전기 및 신규 도입 디지털 보호계전기에 대해서는 정특성 시험과 함께 RTDS(Real Time Digital Simulator) 시뮬레이터를 이용한 동특성(Dynamic Performance) 시험을 병행하여 왔다. 동특성 시험은 보호계전기를 구성하는 각 계전요소의 특성을 검증하는 정특성 시험과는 달리 보호계전기에 내장된 계전요소들의 유기적인 성능을 검증할 수 있는 시험으로서, 단일 보호계전요소만으로 구성된 기존의 아날로그 보호계전기와는 달리 복수 개의 보호계전요소를 탑재하고 있는 디지털 보호계전기를 검증하기 위해서는 필수적인 성능 검증 수단이 되고 있는 것이 현재의 기술 추세이다. 이러한 디지털기반 시험장비들은 시험 절차의 S/W화, 다기능화, 정밀화를 통하여 시험 엔지니어들에게 다양한 시험방법이 가능하도록 편의를 제공하고 있다. 이와 더불어 보호계전기가 설치되어 있는 변전소에 대해 IEC 국제전기위원회에서는 변전소에 적용되는 IEC61850을 국제표준으로 제정하므로써 보호계전기의 네트워크화, 통신표준화, 차세대 디지털화의 급속한 가속화가 이루어지고 있으며 국내외 기업들이 시장의 선점을 위하여 제품개발의 치열한 경쟁에 참여하고 있다. 하지만 급변하는 보호계전기를 시험할 성능시험에 대한 기술투자는 상대적으로 열악한 실정이다. 국제시장에 진출하기 위해서는 기업마다 객관적인 기업제품의 시험인증을 획득해야 하기 때문에 신제품보다 그것을 인증해주는 전문시험인력, 시험방법, 그리고 시험장비들이 일반화되어야 한다. 본 논문에서는 보호계전기의 급속한 발달과 더불어 이루어져야 할 시험항목 대해 일반적인 기술가이드를 제시하고자 한다.

2. 본 론

2.1 정특성 시험

변전소에 일반적으로 설치되어 있는 디지털 보호계전기는 보호하는 전력설비 대상에 따라 모선, 변압기, 송배전선로 등 매우 다양하며 이들은 모두 시험기관으로부터 인증을 모두 받은 제품으로 이루어져 있다. 이런 보호계전기들의 성능 특성시험 항목들은 국내외 보호계전기 관련 규격인 IEC, IEEE, JEC, JIS, ES, B402, 한국전기공업협동조합을 참고하고 보호계전기 제작업체의 매뉴얼 및 시험성적서 분석 작업을 이용하여 보호계전 알고리즘 분석과 기능별 분류를 통해서 도출된 시험항목을 기준으로 각 보호계전 요소에 대해 보호계전기 정특성 시험기준 및 정특성 시험항목으로 사용되고 있다. 정특성 시험 항목으로서 거리계전요소(Distance Relaying Element), 전력동요 검출요소(Power Swing Detection Element), 동기 탈조 요소(Out-of-Step Element), 전류 비율 차동 계전요소(Current Differential Relaying Element), (방향) 과전류 계전요소(Directional Overcurrent Relaying Element), 과전압 계전요소(Overvoltage relaying Element), 저전압 계전요소(Under voltage relaying Element), 저주파수 계전요소(Under Frequency Relaying Element), 재폐로 계전요소(Autoreclosing Relaying Element) 등이 있다.

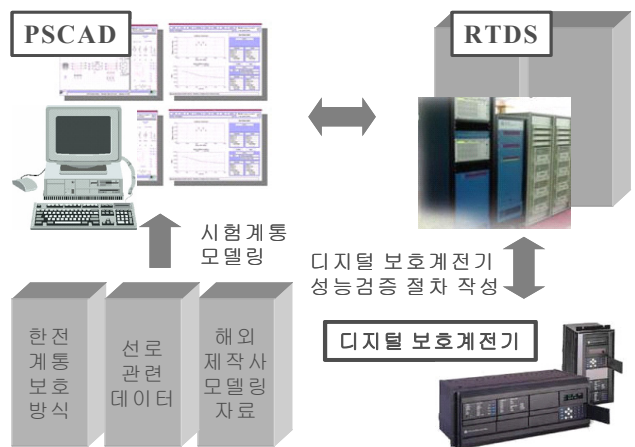


〈그림 1〉 정특성 시험 예시

2.2 동특성 시험

동특성 시험의 목적은 과도현상을 비롯한 계통 특수현상에 대하여 실제 고장이 발생한 때와 같은 전류·전압의 급변하는 신호를 주어 그때의 각 계전요소의 동작특성을 확인하는 것을 목적으로 한다. 이러한 동특성 시험을 하기 위해 RTDS상에서 시험 종류별 대표 시험계통도를 구성하여 계통도에 사용된 전력설비 모델에 대하여 상세 변수 값을 제시하고, 또한 그 계통에 대한 고장계산의 이론적인 결과 값도 함께 제시하였다. 동특성 시험기준은 거리계전기의 Reach 시험(Zone 1, Zone2, Zone3, Zone4), 고저항 지락검출 시험, CT 2차측 개방시 계전기 응답 시험, CT 포화시 기능 시험, 충전전류 보상 기능 시험, Open Line Fault 시험, PTF 기능 시험, 고장전류 반전대책 시험, Weak Infeed Scheme 시험, Switch-onto-Fault 시험, Carrier Scheme 시험, Power Swing 시험, Memory Action 시험 등이 일반적인 시험항목이다.

실시간 시뮬레이션

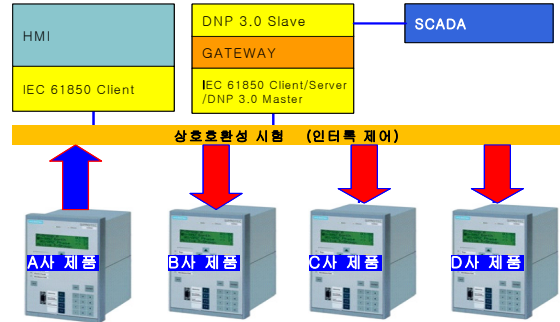


〈그림 2〉 동특성 시험 예시

2.3 국제표준 적합성 시험

본 시험항목은 보호계전기의 국제표준화 추세로 인하여 발생되어진 항목이다. 이전의 보호계전기들은 제품을 생산하는 기업마다 각자의 기업표준이나 또는 국제표준은 아니지만 널리 사용되는 산업표준을 사용하여 보호계전기 통신등을 구현한다. IEC61850의 표준제정과 이를 제품 적용하는 기업이 급속히 증가함에 따라 국제표준의 준수여부를 파악하는 시험이 탄생하게 되었다. 이 시험은 규격 일치 테스트를 실시하여 특정 피시험기기 보호계전기인 IED(Intelligent Electronic Device)의 IEC 61850 규격과의 일치여부를 확인하는 시험항목이다. 규격 일치 테스트는 표준화된 IED의 통신 시스템용 형식 테스트이다. IEC 61850 규격은 응용 수준에서 사용할 수 있는 모든 서비스를 포함하여, 자료, 기능 및 장치 모드를 사용하여 타기업간의 상호호환성에 초점을 맞춘다. 따라서, 규격 일치 테스트는 IEC 61850 규격 요건에 따라 그리고 규정된 방법으로 피시험기기의 타기업 IED와의 운전 능력을 입증한다. 달리 말하면, 규격 일치 테스트는 제조자가 동일하거나 또는 다른 타 기업제품 IED와 피시험기기 IED가 한 네트워크상에서 상호 작동할 수 있음을 보증해야 한다. 이 시험이 IED의 모든 기능 및 성능 요건의 충족을 보증하는 것은 아니다. IEC 61850은 통신 규격이기 때문에 이것은 IED의 본질적인 기능측면을 규격화하지는 않는다. 사용자는 기능 테스트를 자신이 하거나 또는 제3자에게 그 테스트 책임을 위임해야 한다. 규격 일치 및 기능 테스트를 실시하기 위해서는 IEC 61850 규격에 따른 테스트 장비는 적어도 이더넷(Ethernet) 통신 네트워크 스위치, 컴퓨터, 서버 및 클라이언트 테스트 도구를 포함하여 적절한 테스트 세트를 사용해야 한다. 규격 일치 테스트의 목표는 상호호환성의 결여로 인한 위험성을 감소시키고 다른 장치와의 상호 작동할 것이라는 최대의 보증을 사용자에게 사전에 확인시켜주는 것이다.

중인 시스템의 성능은 클라이언트 수에 따라서도 다르다. 자료 배치 상태를 검증하여 자료 이름 해석이 상이한 여러 공급자 사이에 일관성이 유지되게 해야 한다. 상호호환성 테스트를 시행하기 위해서는 테스트 중인 IED를 상호연결하는 통신 네트워크 그리고 IED의 작동을 모의 실험하는 장치를 갖추어야 한다. 테스트 시스템은 상이한 여러 기능의 작동 시 IED 조합상태에서 정보를 교환하는 GOOSE 메시지를 모의실험할 수 있어야 한다. 이 테스트를 실시하는 경우에는 네트워크 부하상태 등 최악의 시나리오를 고려해야 한다.



〈그림 5〉 상호호환성 시험구성도

2.5 변전자동화시스템 기반 시험

본 항목에서는 SUT(테스트 중인 시스템, System Under Test)에 실시하는 기능테스트 요건을 다룬다. SUT란 공급자나 또는 독립적 테스트 기관이 "IEC 61850과 일치한다"고 인증한 IED(지능형 전자 장치, Intelligent Electronic Device)의 조합 시스템이다. 규격 일치 테스트는 IEC 61850 규격의 파트 10에 규정되어 있다. 인증된 어느 한 IED는 인증된 다른 모든 IED와 함께 작동할 수 있어야 한다. 그러나 그 테스트로는 통신 시스템을 포함하여 IED 시스템 조합 기능의 올바름이 확인되지 않으며, 특히 상이한 여러 물리적 장치에 논리 노드가 배치되어 있고 기능이 여러 위치에 분포되어 있음을 고려하면 IED 조합의 시간 반응 및 정확성 성능이 충분하다는 것도 보증 되지 않는다. 따라서 규격 일치 테스트는 시스템 기능 및 성능 테스트에 의해 완료된다. 시스템 기능 테스트는 IEC 61850 규격에 규정되어 있는 규격 일치 및 상호 작동성 테스트와는 다르다. 규격 일치 및 상호 작동성 테스트는 특정 IED에 적용하여 그것이 규격과 일치함을 확정하기 위한 것인 반면에 시스템 기반 기능 테스트는 통신 시스템을 포함하여 IED 조합 시스템에 적용하여 기능이 올바르게 작동하는지 여부를 테스트를 하기 위한 것이다. IEC 61850을 기반으로 하는 시스템의 기능 테스트의 경우 테스트한 시스템의 상관성을 올바르게 평가할 수 있다. 기능 테스트 내용은 가능한 한 단순성, 반복성, 문서화, 자동성, 관독성, 고객 지향성, 도구 독립성, 공급자 독립성, 확장성, 체계성 및 표준화에 일치하여야 한다. 이외에도 SUT는 고객사양 요건과 일치해야 하며 서로 다른 공급자들이 공급하는 장치들의 혼란을 고려해야 한다. 가능한 구성 배치의 결합 방법은 실제로 무한하므로 모든 테스트 결과를 얻을 수는 없다. 그러므로, 테스트 항목수를 규정하기 위한 테스트 범위의 수준을 확정해야 한다. 시스템 기능 테스트의 경우 2가지 형식의 SAS 시스템을 고려해야 한다:

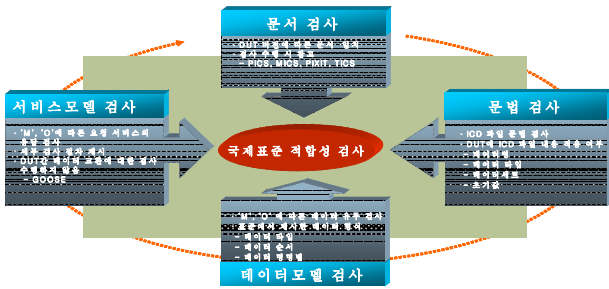
- Station bus만 설치된 시스템
- Station 및 Process Bus가 설치된 시스템

3. 결 론

본 논문에서는 보호계전기의 통신표준화, 네트워크형으로 급속히 개발되어짐에 따라 새롭게 성능시험에 대해 고려해야 할 사항에 대해 기술하였다. 향후의 시험환경의 급격한 변화에 대하여 신뢰성 있는 보호계전기의 성능시험 수행을 위하여 표준화되고 일반화된 시험절차서를 수립하여 새로운 보호계전기 변화에 적극적으로 대처하는 기술적 기반을 마련하여야 할 것으로 제안한다.

[참 고 문 헌]

- [1] 이남호, 장병태, "IEC 61850 규격기반 디지털 변전자동화 시스템 통신성능 시험에 관한 연구", Trans. KIEE. Vol. 57 No1, 2008
- [2] "RTDS를 이용한 154kV 모선보호계전기 동특성 성능검증 기반구축에 관한 연구", 대한전기학회 하계학술대회, 2006
- [3] 산업자원부, "디지털 보호계전기 성능 검증을 위한 계통 모델 작성 및 검증 절차 수립", 2005. 4



〈그림 3〉 적합성 시험 개요도

Test reference	Test Purpose	Passed / Failed / Inconclusive
RptP1	GetLogicalNodeDirectory(BRCB) and GetBRCBValues	
Ref. Part, Clause and Subclause of IEC 61850 IEC 61850-7-2, Subclause 9.2.2 and 14.2.3.3 IEC 61850-8-1, Subclause 12.3.1 and 17.2.2		
Expected result 1. DUT sends GetLogicalNodeDirectory(BRCB) Response+ 2. DUT sends GetBRCBValues Response+		
Test description 1. For each logical node Client requests GetLogicalNodeDirectory(BRCB) 2. For each BRCB Client requests GetBRCBValues()		
Comments		

〈그림 4〉 적합성 시험절차도

2.4 상호호환성 시험

상기 기술한 규격 일치 테스트와는 다르게 본 테스트는 그 제조자가 동일하거나 또는 제품기업이 상이한 IED의 상호연결시 운용가능여부를 판정하는데 적용한다. 이들 IED는 적절한 통신 시스템으로 상호 접속되어 있는 경우에는 함께 작동함으로써 충분한 성능과 안전한 방법으로 그들의 기능이 발휘되고 또 자료와 여타 정보를 공유할 수 있다는 것이 본 테스트를 통해 입증되어야 한다. 이 테스트 시작의 기본요건 중의 하나는 분산 배치된 IED의 대해서는 IEC61850 규격일치 테스트를 모두 통과하였다는 인증시험성적서를 전제로 수행되어진다, 분산된 기능은 상이한 여러 물리적 장치인 IED에 논리 노드를 갖추고 있는 기능이라고 간주한다. 분포된 기능의 이행은 GOOSE 메시지 송신자-수신자 통신모드를 기반으로 한다. 따라서 그것은 GOOSE 메시지의 수와 그 빈도에 따라 다르다. 이 테스트는 상호호환성 및 네트워크의 성능을 시험한다. 상호호환성 테스트에는 클라이언트-서버 통신 모드를 이용하는 수직 메시지의 확인이 포함된다. IED 서버는 보고서 명세, 이벤트 명세, 개폐장치 상태와 명령, 전류 전압 및 온도 와 같은 아날로그 측정 값 파일 전송 등과 같은 클라이언트에 대한 환경을 관리해야 한다. 따라서 테스트