

IEC 61850 기반 Tap Changer 통신 적합성 시험에 관한 연구

이남호*, 장병태*, 심응보*
한국전력공사 전력연구원*

A Study on the Communication Conformance Test of the Tap Changer based on IEC 61850

Nam Ho Lee*, Byung Tae Jang*, Eung Bo Shim*
KEPCO Research Institute

Abstract - IEC 61850 기반의 디지털 변전소를 구축하기 위해서는 가장 중요하고 고려해야 하는 것은 IED의 통신서비스를 이용한 기능 구현이 국제 규격인 IEC 61850에 따라 적합하게 이루어졌는지를 확인 사항이다. 하지만 변압기 Tap의 위치정보를 정수형의 데이터로 표현하는 지능형전자장치의 IEC 61850 변압기 Tap Changer의 제어에 대한 적합성 시험에 대한 내용 및 방법은 현재 국제 IEC 61850 적합성 시험에서는 포함하고 있지 않으며, 이를 실제 수행할 수 있는 시험장치도 존재하지 않는 상황이다. 따라서 본 논문에서는 변전자동화시스템에 적용되는 지능형 전자장치의 Tap Changer 기능이 IEC 61850 통신서비스를 통해 이루어질 경우 이에 대한 국제규격을 기반으로 하는 적합성 시험을 수행할 수 있는 방안에 대한 설명하고자 한다.

1. 서 론

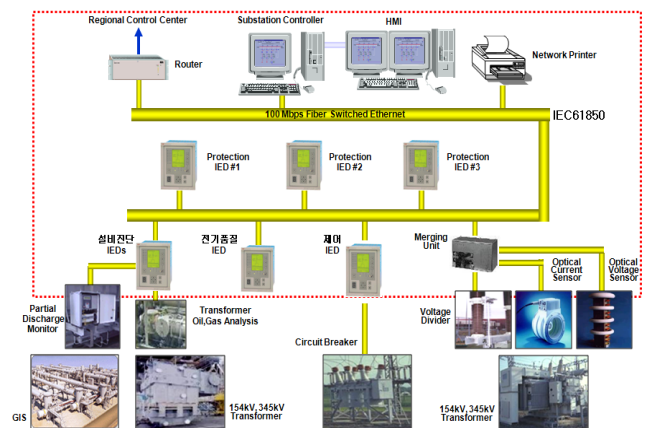
스마트그리드 구축의 중심에 서있는 변전자동화시스템은 변전소의 디지털화를 목적으로 보호·계측·감시·제어 등의 변전소 운영을 위한 기능을 제어케이블에 의한 물리적 신호의 전달이 아닌 디지털 네트워크를 기반으로 하는 다양한 정보의 흐름을 통해 구현하는 시스템이다. 특히 변전자동화시스템의 통신 규격이 IEC 61850으로 단일화 됨에 따라 시스템을 구성하는 지능형전자장치(Intelligent Electronic Device)와 상위운영시스템이 국제 규격에서 정의하는 데이터의 구성과 통신서비스를 제작사와 관계없이 구현할 수 있는 기반이 마련되었으며, 이는 상호운영성의 가능성을 높이고, 전력분야의 시스템 통합화의 기틀을 마련할 수 있는 전기가 되고 있다. 이러한 IEC 61850 기반의 디지털 변전소를 구축하기 위해서는 가장 중요하고 고려해야 하는 것은 IED의 통신서비스를 이용한 기능 구현이 국제 규격인 IEC 61850에 따라 적합하게 이루어졌는지를 확인 사항이다. 현재 이와 관련하여 국내외적으로 IED에 대해 적용되는 시험은 IEC 61850 통신기능에 대한 적합성 시험으로, 지능형 전자장치가 서버와 클라이언트의 관계를 가지는 통신네트워크 상에서 상위시스템의 요청에 데이터를 제공할 수 있는지를 서버의 역할을 IEC 61850 규격에 맞게 수행하는 지를 확인하는 시험이다[1-7]. 이러한 적합성 시험 중에 한 부분이 지능형 전자장치의 제어 기능의 통신서비스를 확인하는 시험이며, 제어 대상은 1또는 2비트의 이진 값으로 표현되는 차단기 등의 스위치이다. 하지만 변압기 Tap의 위치정보를 정수형의 데이터로 표현하는 지능형전자장치의 IEC 61850 변압기 Tap Changer의 제어에 대한 적합성 시험 내용은 현재 국제 IEC 61850 적합성 시험에서는 포함하고 있지 않으며, 이를 실제 수행할 수 있는 시험장치도 존재하지 않는 상황이다. 변전소의 운영환경이 IEC 61850 기반의 변전자동화시스템으로 변화하고 있는 시점에서 변압기 Tap Changer의 제어역시 차단기 등의 스위치에 대한 제어가 IEC 61850 통신으로 수행되는 것처럼 지능형전자장치에 의해 국제규격에 따라 이루어질 것으로 예상되고 또한 실제로 전력회사 등에서 적용 중에 있다. 따라서 통신과 물리적 신호의 복잡한 관계를 해석할 수 있고, IEC 61850 규격에 따라 지능형전자장치의 변압기 Tap Changer의 제어에 대한 통신서비스를 요청하고 이와 연계된 물리적 신호의 입출력을 수행할 수 있으며 이를 통해 적합성 시험을 수행할 수 있는 시험장치에 대한 요구는 매우 높다고 할 수 있다. 본 논문에서는 변전자동화시스템에 적용되는 지능형전자장치의 Tap Changer 기능이 IEC 61850 통신서비스를 통해 이루어질 경우 이에 대한 국제규격을 기반으로 하는 적합성 시험을 수행할 수 있는 방안에 대한 설명을 하고자 한다.

2. 본 론

2.1 IEC 61850 변전자동화시스템

변전자동화시스템은 전력계통 감시제어시스템의 핵심적인 기능을 수행하고 있는 변전소의 운영 시스템을 IT 시스템과 통신 인프라를 통하여 디지털 기술 기반의 자동화 시스템을 구성하는 것을 의미하며, IED 및 상위운영시스템을 주축으로 변전소의 운전정보 취득과 감시제어 설비 및 자동 운전 프로그램을 연계하여 인력요소를 최소화하는 변전소의 종합 자동화 운영체제를 구축하는 것을 정의할 수 있다. 2005년 변전자동화를 위한 국제 규격 IEC 61850이 제정된 이후 전 세계적으로 100여개 이상의 변전소가 IEC 61850 기반으로 구축되어 운전 중에 있으며, 국내의 경우 산청변전소를 시작으로 다수의 변전자동화시스템 프로젝트가 진행 중에 있다. 그림 1은 IEC 61850 기반의 변전자동화시스템의 구성을 보여준다. IEC 61850 기반 변전자동화시스템은 변전소의 보호/제어/계측의 기능을 수행하고 이와 관련된 정보를 제공하는 IED와 변전소의 운영을 위해 필요한 정보를 IED에 요청하는 HMI가 Ethernet 기반의 통신네트워크를 통해 서버와 클라이언트 관계를 가지고 데이터를 교환하는 시스템이다. IEC 61850 기반 변전자동화시스템의 통신네트워크 구성은 IED와 상위시스템간의 정보공유를 위한 Station Bus와 CT/PT의 변성기의 전압과 전류를 IEC 61850 규격의 디지털 신호로 변환하여 IED에 제공하는 Process Bus로 구분된다.

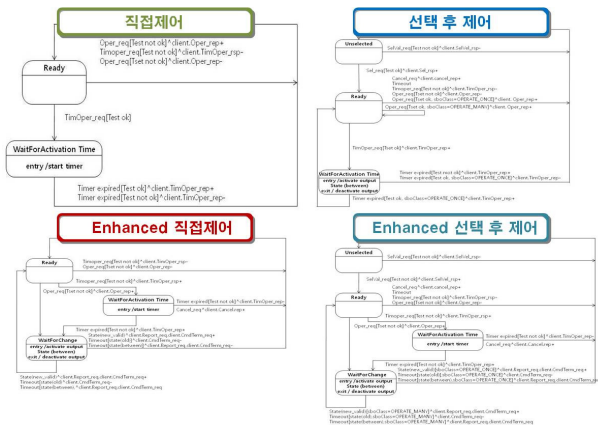
현재까지 구축된 변전자동화 시스템은 Station Bus 구조를 가지고 운전 중에 있으며, Process Bus의 경우 통신 신뢰성 및 핵심장치인 MU(Merging Unit)의 기술적인 한계점으로 인하여 현장 적용은 아직 이루어지지 않고 있다. IEC 61850 기반의 변전자동화시스템을 통한 변전소 운영환경의 가장 큰 변화는 IED간의 통신 전달 메시지인 GOOSE를 통해 기존의 제어케이블로 연결된 인터록, 트립의 신호전달을 네트워크를 통해 물리적인 공간의 영향 없이 많은 양의 데이터를 주고받을 수 있게 된 점이다. 이는 변전소 설비에 대한 최적의 유지보수를 구현할 수 있고, 시설공사의 측면에서는 설계, 설치와 시운전기간의 단축, 확장변경을 신속하고 용이하게 할 수 있는 장점을 제공한다. IEC 61850 기반의 변전자동화 시스템은 변전소의 운영을 위한 데이터를 공유하고, 엔지니어링 하는 과정에 있어 SCL이라는 규격화된 컴퓨터 파일을 적용하고 있으며, 이는 기존 수작업으로 진행하던 상당수의 작업량을 컴퓨터 프로그램을 통해 수행할 수 있어 변전자동화시스템을 구축하기 위한 인력과 시간을 보다 효율적으로 운용할 수 있게 해준다.



<그림 1> IEC 61850 기반 변전자동화시스템

2.2 IEC 61850 제어 적합성 시험

변전소를 구성하는 모든 설비를 가상의 데이터 모델로 구현하고 모든 제품에 동일한 데이터 정보객체를 가지고 구현하는 것을 의미하는 IEC 61850기반의 변전자동화시스템은 제조사가 다른 IED와 상위운영시스템을 적용할 경우에도 데이터 통신을 통한 변전소의 보호, 제어, 감시가 가능해야한다. 이를 위해서는 시스템을 구성하는 제품의 상호운용성(Interoperability)이 보장되어야하며, UCA(Utility Communication Architecture)의 국제전문가 모임(International Users Group)에서 제정한 IEC 61850 통신서비스 시험항목으로 구성된 적합성 인증 항목을 IED와 상위운영시스템이 만족하는 것이 최소한의 변전자동화시스템 구축을 위한 기본 조건이다. 이러한 IEC61850 적합성 시험 중 일부가 IED가 가지고 있는 제어 객체와 제어에 대한 통신서비스의 적합성을 확인하게 된다. IEC 61850 국제규격에서는 차단기 등 스위치에 대한 제어를 DO(Direct Operate, 통상보안의 직접제어), SBO(Select Before Operate, 통상보안의 선택 후 제어), DOw(enhanced Direct Operate, 보안이 강화된 직접제어), SBOw(enhanced Select Before Operate, 보안이 강화된 선택 후 제어)의 4가지 제어 모드로 제시하고 있으며, 각 제어 모드에 대한 통신서비스의 흐름은 그림 2와 같다. IEC61850 제어 적합성 시험은 IED가 가지고 있는 제어객체가 외부의 스위치에 연결되어 제어대상의 상태 값과 제어를 규격에 따라 통신서비스를 수행할 수 있는지를 확인하는 시험이다.



〈그림 2〉 IEC 61850 규격에서 정의하는 4가지 제어모드

2.3 Tap Changer관련 IEC 61850 데이터 객체

디지털변전소에 적용되는 IED는 변압기 Tap Changer의 제어를 위해 변전자동화 국제 통신규격인 IEC 61850 7-4장에서 정의하는 그림 3과 같은 YLTC 제어 모델을 가지고 있으며, YLTC는 변압기 Tap제어와 관련한 속성으로 Tap 위치정보를 제공하는 TapPos와 IEC 61850 제어서비스를 상위시스템으로부터 받을 수 있는 TapChg를 포함한다. TapChg는 BSC(Binary controlled step position information)의 데이터 형식으로 stop(정지)/lower(낮은위치이동)/higher(높은위치이동)/reserved(예약)의 4가지 데이터값을 정수형으로 표현하며, 제어 명령은 IEC 61850에서 정의하는 DO, SBO, DOw, SBOw 중 하나로 수행되어질 수 있다.

YLTC class				
Attribute Name	Attr. Type	Explanation	T	M/O
LNName		Shall be inherited from Logical-Node Class (see IEC 61850-7-2)		
Data				
Common Logical Node Information				
		LN shall inherit all Mandatory Data from Common Logical Node Class		M
EEHealth	INS	External equipment health		O
EEName	DPL	External equipment name plate		O
OpCnt	INS	Operation counter		O
Measured values				
Torq	MV	Drive torque		O
MotDrVA	MV	Motor drive current		O
Controls				
TapPos	ISC	Change Tap Position to dedicated position		C
TapChg	BSC	Change Tap Position (stop, higher, lower)		C
Status Information				
EndPosR	SPS	End position raise reached		M
EndPosL	SPS	End position lower reached		M
OilFil	SPS	Oil filtration		O

〈그림 3〉 Tap Changer를 위한 IEC 61850 규격의 YLTC 논리노드

2.4 IEC 61850 Tap Changer 통신 적합성 시험장치 설계

지능형 전자장치의 IEC 61850 Tap Changer 통신 적합성 시험을 수행하기 위해서는 다음의 시험기능을 통합적으로 운용할 수 있는 적합성 시험장치를 필요로 한다. 첫 번째 시험기능은 전자장치의 YLTC 등의 IEC61850 제어객체의 데이터 값을 통신을 통해 가져올 수 있고, IEC 61850의 서버와 클라이언트의 통신 연결 관계를 가지고 DO, SBO, DOw, SBOw 제어모델의 특징에 따라 Tap Changer에 대한 제어명령을 요청하고 때로는 피드백 리포트를 수신할 수 있는 상위운영시스템과, 두 번째 시험장치의 IED에 대한 제어 통신서비스 신호에 유기적으로 반응하여 IED에 Tap의 위치 신호를 주입하고 물리적인 제어신호를 받을 수 있는 신호처리 장치, 마지막으로 IEC 61850 Tap Changer 통신 적합성 시험과정의 전체 통신메시지를 분석할 수 있는 네트워크 어날라이저이다. 이와 같은 지능형전자장치의 IEC 61850 Tap Changer 제어에 대한 전용의 적합성 시험장치를 가지고 상위운영시스템이 지능형전자장치에 IEC61850 Tap 제어명령을 요청하게 되면 지능형전자장치는 제어명령에 대하여 통신응답과 함께 Tap 제어 신호를 시험장치에 보내게 되는 과정을 IEC 61850 규격에 따라 적합성 시험을 진행하게 된다. 이 때 제어결과에 대한 피드백이 가능한 DOw와 SBOw 제어모드에 대해서는 IED의 Tap 제어신호에 대한 반응을 강제로 변경하여, IED의 피드백 리포트가 IEC61850 규격에 따라 발생하는 지를 확인할 수 있도록 적합성 시험장치의 기능으로 추가해야 한다.

3. 결 론

본 논문에서 의한 IEC 61850 기반 Tap Changer 통신 적합성 시험장치 설계 방안은 스마트그리드의 중심이 되는 변전자동화시스템에 적용되는 IEC 61850 기반 IED의 IEC 61850 통신서비스를 이용한 변압기 Tap 제어기능에 대한 적합성 시험장치 구현 및 시험방법에 대하여 국내의 최초의 방법이다. 현재 국내외에서 수행 중인 IED를 대상으로 하는 IEC61850 적합성 시험은 표준에서 정의하는 가장 기본적인 제어대상인 차단기 등의 스위치에 대한 시험만을 한정하고 있으며 이마저도 IEC61850 통신 분석장치, 지능형전자장치 신호 주입기, 제어명령을 내리는 클라이언트가 별도의 장비로 적합성 시험을 수행하는 것이 현실이다. IEC61850 국제표준의 도입이후 변전소의 디지털화는 전 세계적으로 가속화되고 있으면 변압기 Tap 제어에 대한 IEC 61850기반의 지능형전자장치의 적용 또한 확대되는 추세에 있다. 따라서 변전자동화시스템의 완벽한 상호운용성을 검증하고, 변압기 Tap Changer의 제어를 국제표준의 디지털 통신기술로 수행하는 IED의 제어기능에 대한 적합성 시험의 필요성은 매우 크다고 할 수 있다. 또한 차단기 제어기능의 IEC 61850 적합성 시험보다 복잡하고, 다양한 시험 기능을 통합적으로 운용해야 하기 때문에 본 논문과 같은 IEC 61850 기반 Tap Changer 통신 적합성 시험 방안은 현실적으로도 매우 유용한 시험방법이 될 것으로 기대한다. 전 세계적으로 변압기 Tap 제어를 IEC 61850 기반의 IED로 구현하는 것에 관심이 높아지는 환경 속에서 본 연구결과는 전기 분야에 새롭게 대두되고 있는 스마트그리드의 성능 검증 분야의 새로운 도약이며, 제작사 및 전력회사와 같은 사용자 모두에게 관심이 높은 내용이기 때문에 관련분야의 기술을 선도할 수 있는 위치에 있을 것으로 기대한다.

[참 고 문 헌]

- [1] 한국전력공사, “시스템 성능검증 및 실증시험 1단계 보고서”, 지식경제부, 2008
- [2] 장병태외 1인 “국내 IED 시작품대상 IEC 61850 통신서비스 성능 검증에 관한 연구”, 대한전기학회 전력기술문화회 추계 학술대회는문집, 2008
- [3] IEC 61850-7-2, Communication network and systems in substation- Part7-2: Basic communication structure for substation and feeder equipment-ACSI, IEC2004
- [4] IEC 61850-7-3, “Communication network and systems in substation- Part7-3: Basic communication structure for substation and feeder equipment-Common data classes”, 2005.
- [5] IEC 61850-7-4, “Communication network and systems in substation- Part7-4: Basic communication structure for substation and feeder equipment-Compatible logical node classes and data classes”, 2005.
- [6] IEC 61850-10, Communication network and systems in substation- Part10: Conformance Testing, IEC2004
- [7] Conformance Test Procedures for Server Devices with IEC 61850-8-1 interface Revision 2.2, UCA IUG, 2008