

## IEC 61850 배전선로 IED의 시험자동화시스템 적용에 관한 연구

장병태\*, 이남호\*, 이민수\*, 윤석민\*  
한국전력공사

### A Study on the Application of the Test Automation System on a D/L IED based on IEC 61850

B.T Jang\*, N.H LEE\*, M.S LEE\*, S.M Youn\*  
Korea Electric Power Corporation\*

**Abstract** - IEC 61850 기반의 변전자동화를 운영하는데 있어 보호기능과 통신을 별개로 여길 수가 없으며 기존에 장치 개별로 동작하던 것이 이더넷 통신이란 틀 안에서 시스템으로 유기적으로 연결되어 동작하기 때문에 IEC 61850 통신과 기능을 시스템 기반에서 수행할 수 있는 새로운 방안이 요구되어진다. 본 논문은 변전자동화시스템의 종합적인 성능검증을 목적으로 개발된 시험자동화시스템의 실제 적용가능성을 검증하고, 변전자동화시스템의 22.9kV 배전선로 보호 및 제어의 기능을 수행하는 IED를 대상으로 시험자동화시스템에 적용한 연구 내용을 다루고자 한다.

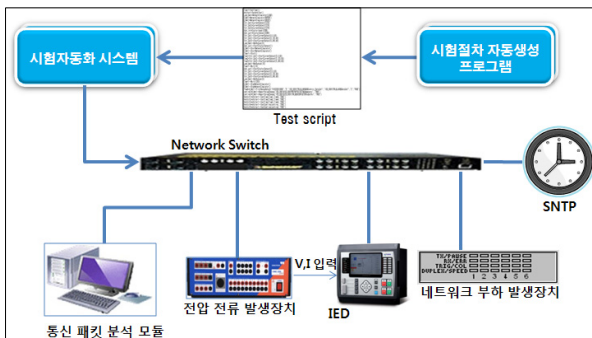
#### 1. 서 론

IEC 61850 기반의 변전자동화시스템으로 구성되어 있는 변전소의 성능 검증은 주로 보호계전기에 대한 보호기능 중심으로 수행되었고 IEC 61850 통신규격이 적용된 IED(Intelligent Electronic Device)의 경우에도 기존의 보호요소에 대한 기능시험과 IED 61850 통신시험이 별도의 적합성 인증 시험을 통해 개별적으로 수행되고 있다. 하지만 IEC 61850 기반의 변전자동화를 운영하는데 있어 보호기능과 통신을 별개로 여길 수가 없으며 기존에 장치 개별로 동작하던 것이 이더넷 통신이란 틀 안에서 시스템으로 유기적으로 연결되어 동작하기 때문에 IEC 61850 통신과 기능을 시스템 기반에서 수행할 수 있는 새로운 방안이 요구되어진다. 이러한 시험에서 새로운 시험방법이 CIGRE 및 IEC 등 변전자동화시스템과 관련된 국제기구에서 논의되었으며 전력 IT 디지털변전소 개발 과제를 수행하면서 축적된 경험과 지식을 기반으로 하여 변전자동화시스템의 시험자동화 시스템을 설계하고 이를 시행할 수 있는 시험시스템이 개발 중에 있다[1-3]. 본 논문은 개발된 시험자동화시스템의 실제 적용가능성을 검증하고, 변전자동화시스템의 22.9kV 배전선로 보호 및 제어의 기능을 수행하는 IED를 대상으로 시험자동화시스템에 적용한 연구 내용을 다루고자 한다.

#### 2. 본 론

##### 2.1 IEC 61850 SAS 시험자동화시스템 개요도

IEC 61850 배전선로 IED의 시험자동화시스템 적용을 위해서는 배전선로 IED의 시험내용을 시험절차 자동기술 프로그램에 의해 생성된 UML(Unified Modelling Language)기반의 시험절차를 텍스트 형식의 시험스크립트로 자동 생성하는 과정이 필요하다.

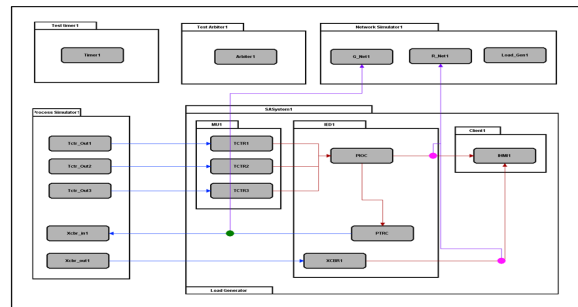


〈그림 1〉 시험자동화시스템 구성도

또한 생성된 시험 스크립트를 시험자동화시스템에 인식하고 스크립트 파일을 시험자동화시스템이 실행하기 용이한 형식으로 구현하여 배전선로 IED의 시험내용에 따라 시험자동화시스템과 연계된 입출력 제어 및 분석 모듈, 네트워크부하 발생장치 외부 제어 연계모듈, 전압전류 제어장치 등의 시험 장비를 작동하여 변전자동화시스템을 자동으로 시험할 수 있다. 그림 1은 시험자동화시스템에서 IED의 시험을 진행하기 위한 구성도를 나타내고 있다.

##### 2.1.1 배전선로 IED 시험절차 설계

시험자동화시스템은 변전자동화시스템의 IED 시험을 진행하는 시험자가 시험절차서에 서술되어있는 시험 내용을 반영하여 시험 스크립트 자동생성 프로그램에 시험절차를 UML의 시험모델을 이용해 작성하게 된다. 시험스크립트 자동생성 프로그램의 Test Template는 시험의 내용을 상세하게 서술할 수 있으며, Communication Diagram에는 변전자동화시스템 시험에 필요한 시험장비와 IED 등 변전자동화시스템 구성 객체들을 생성하여 논리적인 연관관계와 함께 데이터의 흐름을 설계할 수 있으며 Sequence Diagram은 시험의 진행 순서와 시험관정을 위한 다양한 조건들을 표현할 수 있다.



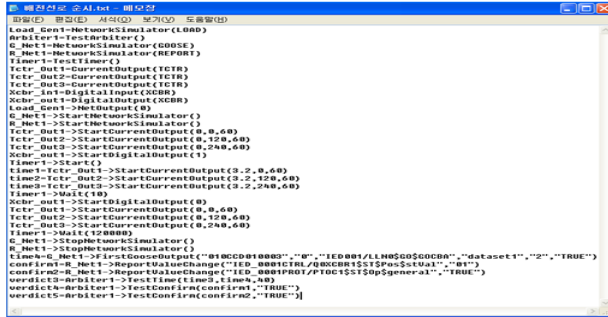
〈그림 2〉 순시요소 시험의 Communication Diagram

본 연구에서는 배전선로 IED의 최소 동작 시험(한시(PTOC)요소), 최소 동작 시험(순시(PIOC)요소), 한시(PTOC) 특성 시험, 순시(PIOC) 특성 시험, 역저지, 자동재폐로, 차단기 제어, LS 개폐기 제어, ES 개폐기 제어 등의 시험에 대한 시험절차를 시험스크립트 자동생성프로그램을 이용하여 구현하였으며 그림 2는 배전선로 IED의 최소 동작 시험(순시(PIOC)요소)에 대한 Communication Diagram 설계 내용을 보여주고 있다.

##### 2.2 시험 스크립트의 구성과 활용

시험 스크립트 파일은 시험스크립트 자동생성 프로그램에서 설계된 배전선로 IED의 Communication Diagram과 Sequence Diagram을 통해 그림 3과 같이 자동으로 생성된다. 생성된 배전선로 IED의 시험 스크립트는 Test Connection, Test Setup, Test Start, Test Stop, Test Disconnection, Test Verdict 6개로 구성된다. Test Connection은 시험에 사용되는 장비 또는 시험결과를 파악하는 시험 객체를 생성하는 부분이며, Test Setup은 배전선로 IED의 시험 시작을 위해 IED의 상태정보를 초기화하기 위한 부분이다. Test Start에서는 시험자동화시스템의 실제 시험 주관하는 단계로 트래픽 분석 모듈의 실행을 제어하고, IED에 사고전류를 주입하기 위한 전압전류발생장치의 실행, 사고발생 후 차단기를 개로하여 시험대상인 IED의 차단기(XCBR)상태

값의 변화를 주는 내용을 포함한다. Test Stop은 배전선로 IED가 Test Start에 의해 수행된 장비들의 종료를 위한 명령을 수행하며 Test Disconnection은 배전선로 IED의 진행된 시험에 대한 모든 통신정보를 활용하여 FirstGooseOutput, ReportValueChange 같은 명령으로 IED의 GOOSE의 이벤트 발생 시간정보와 XCBR과 PIOC의 상태변화에 대한 IEC 61850 리포트 내용을 확인하게 된다.

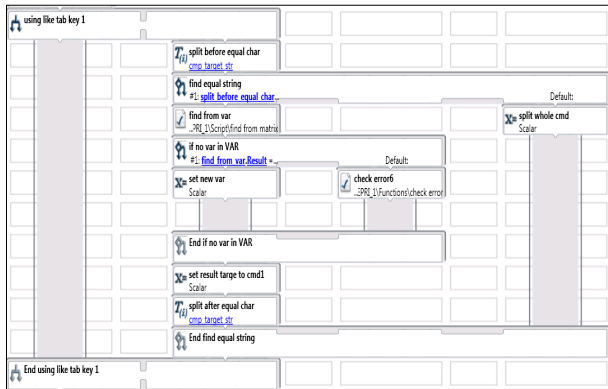


〈그림 3〉 배전선로 IED 시험을 위한 최소동작 시험 Script

마지막으로 Test Verdict은 Test Disconnection에서 확인한 IED가 보내온 GOOSE와 REPORT의 값이 시험절차의 최종 판정 값과 일치하는 지를 확인하여 IED 시험의 성공 또는 실패 여부를 결정하는 내용을 다루고 있다.

### 2.3 시험 스크립트의 해석을 위한 시험자동화시스템의 구현

스크립트 파일은 시험절차의 설계에 따라 입출력 제어 모듈, 전압전류 제어장치, 네트워크 부하발생 장치 등과 연계하여 변전자동화시스템의 성능을 검증할 수 있는 내용을 포함한다. 작성된 시험절차 스크립트는 시험절차자동생성프로그램이 시험자의 UML 설계에 따라 자동으로 구현되며, 이를 시험자동화시스템이 인식하여 시험을 시행시키기 위해서는 시험 스크립트를 해석하는 과정이 필요하다. 스크립트를 해석하기 위해서는 스크립트를 표현하는 기호를 정의하는 시험환경파일과 시험절차에 사용하는 형식을 정의하는 Syntax 파일을 이용하며, 시험스크립트를 객체기반으로 분리하고 시험자동화시스템이 인식이 용이하도록 매트릭스 형식으로 변경하고 시험수행을 위해 사용되는 IED의 데이터 및 판정을 위한 값은 변수 처리하여 별도의 매트릭스에 위치시키도록 구현하였다.



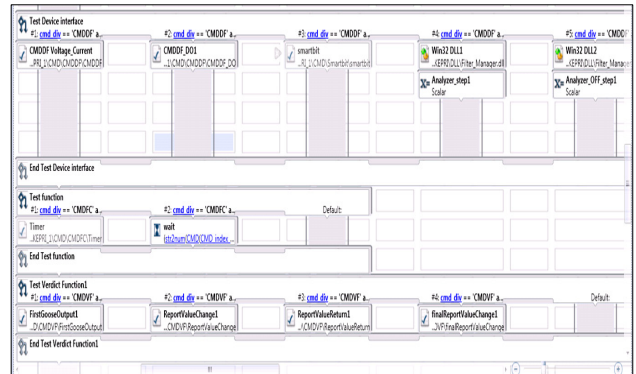
〈그림 4〉 시험 스크립트 파일 변환을 위한 구현과정

#### 2.3.1 시험자동화시스템을 이용한 배전선로 IED의 시험

시험자동화시스템에서는 위와 같이 시험환경에 맞도록 해석된 시험스크립트를 1행부터 순차적으로 읽어 단계별로 시험을 진행하게 된다. 시험을 진행하기 위한 방법은 다음과 같다.

1. 시험에 연계된 시험 장비들을 초기화 값 상태로 설정한 후 시험을 진행한다.
2. 시험의 Test Start 부분이 진행되면 통신 패킷 모듈을 실행한 후 IED의 트립 이벤트를 발생시키기 위한 전류 값을 인가하게 된다.
3. 시험스크립트의 Stop단계에서 시험의 종료를 수행하기 위해 패킷분석 모듈을 종료하고 IED에 인가된 전류를 0으로 초기화 한다.
4. IED의 이벤트 발생에 대한 GOOSE, REPORT 확인 및 사고 전류 주입시간의 정보를 얻기 위한 Test Disconnect를 수행한다.
5. Disconnect 과정에서 얻은 정보를 이용하여 시험의 판정을 수행하는 Test Verdict를 진행한다.

그림 5는 시험자동화시스템에서 시험에 사용되는 장비들을 제어하기 위한 프로그램의 구현과정을 보여주고 있다.



〈그림 5〉 시험 스크립트 파일 변환을 위한 구현과정

#### 2.3.2 배전선로 IED 시험 사례

배전선로 IED의 과전류 순시요소 시험은 IED에 픽업치 2배의 전류를 인가하였을 때 IED의 트립이 40ms이내에 GOOSE 이벤트로 전달되는지와 사고와 관련된 IEC 61850 정보의 표현이 올바르게 이루어졌는지 확인하게 된다. 시험자동화시스템에서는 IED에 픽업전류가 인가되어 발생되는 GOOSE의 메시지의 이벤트 발생시간과 사고전류의 인가시간 차를 계산하여 40ms와 비교하게 되며, IED가 시험자동화시스템과 동일 위치에 있는 상위시스템으로 보내온 REPORT를 통해 IED의 XCBR의 상태 값과 순시요소인 PIOC의 동작을 확인한다. 그림 6은 시험자동화시스템을 이용하여 배전선로 IED 시험의 결과 값을 매트릭스로 변경된 Test Verdict 시험절차의 판정을 위한 변수 값을 보여준다.

14	Xcbr_out1	
15	time1	63906.968
16	time2	63907.296
17	time3	63908.750927
18	time4	63908.780235
19	confirm1	True
20	confirm2	True
21	verdict3	TRUE
22	verdict4	TRUE

〈그림 6〉 시험 스크립트 파일 변환을 위한 구현과정

시험결과의 변수 정보를 통해 Time4의 GOOSE 이벤트 발생 시간과 전류의 주입시간의 차를 계산한 결과 값이 40ms 안으로 들어왔음을 Verdict3의 TRUE값을 통해 알 수 있으며 IED의 사고 후의 차단기 개로표시와 순시동작에 대한 IEC 61850 정보표현이 맞게 동작했음을 Confirm2와 Verdict4의 TRUE 값을 통해 확인할 수 있다.

### 3. 결 론

본 논문에서는 IEC 61850 배전선로 IED의 시험자동화시스템 적용에 관한 연구에 대해 서술하였다. 변전자동화시스템이 IEC 61850의 국제규격으로 적용되면서 IED간에 상호 통신이 가능해짐에 따라 IED의 시험이 별개로 이루어지던 시험에서 시스템 차원의 성능 검증이 필요하게 되었다. 현재 한전 전력연구원에서는 변전자동화시스템에 적용되는 변압기, 송전선로, 모선보호 IED를 시험자동화시스템에 적용하여 본 연구의 실용화의 가능성을 보여주고자 한다.

#### [참 고 문 헌]

- [1] 한국전력공사, “시스템 성능 검증 및 실증시험 1단계 보고서”, 지식경제부, 2008
- [2] 이남호의 1인, “차단기 실패 보호 IED의 IEC 61850 시스템 성능 시험 절차서에 관한 연구”, 한국조명전기설비학회, 2008
- [3] 장병태의 2인 “객체기반의 변전자동화 시험 스크립트 인식 프로그램 구현”, 대한전기학회 하계학술대회, 2010