

RTU 기반 변전소의 IEC 61850 기반 SA 변전소로의 전환에 대한 실증 연구

*, **, ***

A Study on change from an RTU-based substation to IEC 61850-based SA substation

Sim-Bok Yuk*, Sung-Hwan Lee**, Chong-il Kim***

요약 현재 변전소 자동화를 위해서는 국제 표준인 IEC 61850 통신규약이 사용되어지고 있고, 국내에서도 2007년도부터 시험 적용과 연구개발을 통해 2013년부터 신규 건설되는 변전소는 IEC 61850 기반의 디지털변전소로 준공되어 지고 있다. 하지만 기존 변전 설비들(변압기, T/L GIS, D/L GIS 등)은 그대로 사용하면서 기존 RTU 기반의 변전소 운영 시스템을 IEC 61850 기반의 SA 변전소 운영시스템으로 전환한 사례는 거의 없다. 따라서 기존 변전설비의 IEC 61850 도입은 기존 설비 재사용으로 변전소의 지속가능성을 증대시키고 또한 최신 도입되는 타 변전소와의 상호운영성을 개선하고 기존 변전소를 무인화 운전에 적합한 시스템으로 전환할 수 있는 이점이 있다. 본 논문에서는 기존의 RTU 기반 변전소 운영시스템을 IEC 61850 기반의 현장정보처리반, 이더넷 스위치반, SA 운영시스템을 이용하여 디지털 변전소화한 사례를 소개하고, 패킷 분석 툴인 IEC 61850 클라이언트 인증 프로그램과 Wireshark를 사용하여 IEC 61850 적합성 및 그 타당성을 실증을 통하여 검증하였다.

Abstract Currently, the new substation automation uses the international standard IEC 61850 communication protocol. KEPCO is also constructing a new substation based on IEC 61850 from 2013 through the pilot application and research and development starting from 2007. However, there are few cases where existing substations(Transformer, T/L GIS, D/L GIS, etc.) have been used, and RTU based substations operating systems have been changed to SA substations based on IEC 61850. Therefore, the introduction of IEC 61850 in existing substation facilities has the advantage of enhancing the substantiality of the substation by reusing existing facilities, improving the interoperability with the latest substations introduced, and converting existing substations into systems suitable for unmanned operation. In this paper, we introduce a case of changing the existing RTU based substation operation system to digital substation using IEC 61850 field information processor, Ethernet switch and SA operation system. Also, IEC 61850 client authentication program and Wireshark, which is a packet analysis tool, verify IEC 61850 conformance and its feasibility.

Key Words : IEC 61850, SA Substation, Field Information Processing Device, Interlock

1.

전력시스템에 진보된 통신 기술과 새로운 전력 기술을 적용하여 효율성을 극대화하는 지능형 전력망 인프라 구

축을 위해서는 변전소의 디지털화가 필요하다. 기존의 변전소 내 설비는 원방감시제어시스템(SCADA, Supervisory Control and Data Acquisition)을 중심으로 많은 부

* First Author : Catholic Kwandong University, Department of Electronic Engineering.

** Uiduk University, Division of Energy & Electrical Engineering.

*** Corresponding Author : Catholic Kwandong University, Department of Electronic Engineering.

Received July 26, 2018

Revised July 30, 2018

Accepted August 17, 2018

본 자동화, 무인화 되어 있다. 변전소 내부에서는 전력소와 연결된 RTU(Remote Terminal Unit)에 구내에 설치된 전력기들, 즉 변압기(Transformer), T/L GIS(Transmission Line Gas Insulated Switchgear), D/L GIS(Distribution Line Gas Insulated Switchgear) 등의 상태 정보 및 제어용 결선들이 아날로그 신호형태로 개별적인 신호전송선에 의해 이루어지고 있다. 그러나 변전설비의 확대 및 복잡화에 의한 보호설비의 증대로 제어케이블의 증가, 운용 보수업무의 증가 및 어려움과 더불어 설치 공간, 경제성, 공사 시공의 복잡화 등 여러 문제를 가지고 있다. 또한, 전력 설비들은 제조회사 별로 각각 다른 표준을 가지므로 상호 호환성을 기대할 수 없었다. 이는 시스템 내 제품의 정보교환에 대한 제한과 인터록(Interlock)과 같은 상호 기술 구현에 제약이 있으므로, 다양하고 풍부하며 신속한 정보를 활용할 수 없는 문제점을 가지고 있었다[1].

따라서 한국전력공사는 2013년부터 차세대 변전소인 IEC 61850 기반의 디지털변전소만을 건설하고 있는 현 시점에서 기존의 변압기 및 GIS(Gas Insulated Switchgear) 등의 현장기기는 교체하지 않고 현장기기보다 수명이 짧은 RTU, 축소형 모자익반(구형, 신형)을 교체하는 사업을 추진 중에 있다[2].

본 논문에서는 노후화로 교체주기가 도래한 기존 변전소에 설치되어 운전 중인 구형의 현장기기인 RTU에 연결되어 있는 하드와이어(Hard Wire) 정보를 IEC 61850 프로토콜 기반의 현장정보처리반으로 대체하고, 기존의 축소형 모자익반을 IEC 61850 기반의 SA(Substation Automation) 운영시스템과 HMI(Human Machine Interface)로 대체하여 SA 변전소 운영시스템화 하는 방법을 제시하고 실 사례를 기반으로 가능성을 검증하였다.

2.

2.1 RTU

한국전력공사의 초기 모델의 변전소 자동화는 그림1과 같이 축소형 또는 디지털 축소형 모자익반과 RTU 그리고 현장정보처리반 등으로 시스템이 구성되어 운영 중에 있다. 이 시스템들은 현장설비의 계속 값을 측정하는 단말장치와 단선도(Single Line)형태로 감시실 운용자에게 현

장 설비들의 상태 정보를 전달하는 역할을 하는 시스템들이다. 한국전력공사는 무인변전소에는 현장 설비의 운전 상태를 자동으로 감시하는 원방감시제어시스템에 의한 변전설비 운전방식 및 디지털 신기술을 적용한 변전소 종합 자동화를 추진하고 있다. 축소형 모자익 배전반은 변전소 운전설비의 종합적인 감시, 제어 및 관리 기능을 수행하는 설비로서 2000년 중후반부터 변전소에 적용된 이후 현재까지 지속적으로 설치, 운영 중에 있다.



(a)



(b)

1. RTU

(a) RTU

(b)

Fig. 1. RTU-based substation operating system (a) RTU and peripheral device panel (b) Mosaic panel

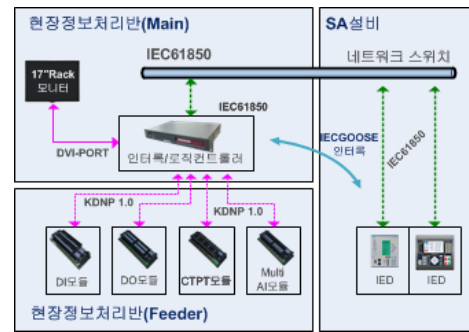
2.2 IEC 61850

IEC 61850 기반의 변전자동화 시스템은 기존의 RTU 방식과 달리 GOOSE(Generic Object Oriented Substation Event)를 통해 IED(Intelligent Electronic Device, 지능형 전자장치)간에 정보를 주고받을 수 있으며 이를 활용하여 인터록, 블로킹(Blocking) 등 다양한 응용기술로 확장이 가능하다. 현재 국내에서는 디지털화가 진행 중이며 다수의 디지털 변전소가 건설되면서 GOOSE를 활용한 기술을 중점적으로 개발 및 현장 적용되고 있다. 그림2와 같은 154[kV] 변전소의 디지털화를

위한 자동화 시스템의 구축방안으로 설비별 자동화 시스템의 기술규격 등이 정의되어지고 현장 적용되고 있다. 디지털형 변전소 시스템 구성은 SA 변전소 운영시스템, SA 운영장치, SA 시스템반, 이더넷 스위치(E/S, Ethernet Switch)반과 IED로 구성되어 있다[2,3]. 국내에도 IEC 61850 규격 기반의 변전소 자동화 시스템의 통신은 국제 표준을 기반으로 IED 및 운영소프트웨어가 개발 및 적용되고 있지만, 운영 및 관리 또는 각 제작사 간의 설정 방식, IEC 61850 서비스 오류 등의 문제점이 나타나 전력연구원을 중심으로 변전소 자동화 통신 성능검증이 진행 중이다. 검증시험은 IED간 상호운용성(Interoperability) 시험, 제조사가 다른 IED간 상호운용성 시험, 동일 제조사 IED간 상호운용성 시험, GOOSE를 이용한 IED 성능시험, 상위시스템과 IED간 GOOSE 통신 시험 등 다양하게 진행 중이다. 전력연구원의 IEC 61850 관련 현장 엔지니어링 기술 지원 사례에 따르면 정보 표준화 테이블 및 SCL 파일 관리 소홀, 현장 내 문제 발생시 제작사 간의 의견대립, 네트워크 시스템 설치 불량, 엔지니어링 파일 설정 오류, IEC 61850 통신 서비스 구현 오류 등에 의해 2013년~2016년 사이에 126건의 컨설팅 사례가 보고되고 있다[4]. 한국전력공사의 IEC 61850기반의 변전소 운영시스템은 IEC 61850 표준에서 정의한 통신방식과 기존 원방감시제어시스템에서 사용되고 있는 통신방식이 적용된 장치와 IEC 61850 표준에서 정의하는 통신 네트워크를 구축하기 위한 이더넷 스위치반 그리고 IEC 61850 표준에 정의된 통신 서비스를 제공할 수 있는 보호, 제어, 감시, 계측 및 인터록 등을 수행하는 지능형 전자장치인 IED로 구성된다[5].

2.3 RTU IEC 61850

한국전력공사와 전력연구원은 변전소 자동화 시스템을 위해서 변전 자동화 시스템 구축 기본방향, 설비별 자동화 시스템 기술규격, IEDs 규격 및 SAS 정보표준화 등에 대해서 표준화를 진행하였고, 154kV 변전소를 대상으로 적용하고 있다[3].



2. IEC 61850 154kV

Fig. 2. IEC 61850 based 154kV substation configuration

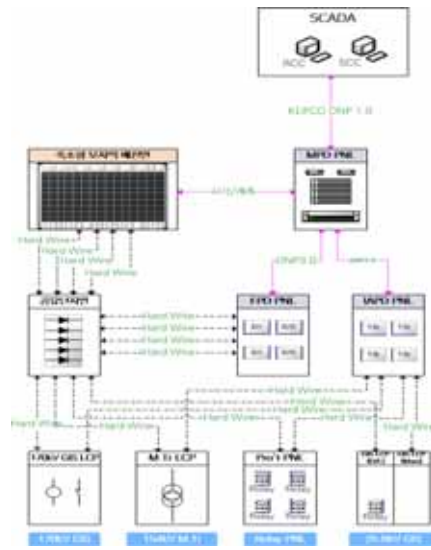
그러나 일반형 RTU 기반의 154kV 변전소 운영 시스템은 IEC 61850 장비와 통신 연계가 불가능하다. 또한 RTU 및 주변 시스템들은 SNTP(Simple Network Time Protocol) 시간 동기 서버와 연계가 불가능하며, 기존 설비와 최근 도입되는 GIS 보호 IED 및 변압기 보호 IED들과도 연계가 불가능한 문제점을 가지고 있다. 현재 설치 운영 중인 154kV 변전소의 IEC 61850 기반의 운영 시스템은 IEC 61850 국제표준 통신 규약을 준수하는 다양한 IED와 연계가 가능하나 통신 설비로만 이루어져 기존 하드웨어로 연결된 RTU, 변압기, GIS 상태 정보와 CB(Circuit Breaker, 차단기), DS(Disconnection Switch, 단로기) 및 ES(Earthing Switch, 접지 개폐기) 등의 상태 각종 상태 수집을 위한 디지털 입력 장치(DI Module), CB, DS 및 ES 제어를 위한 디지털 출력 장치(DO Module) 및 CT(Current Transformer, 전류변성기), PT(Potential Transformer, 전압변성기) 등 아날로그 정보 수집을 위한 아날로그 입력 장치(AI Module)와의 연계가 되지 않는 문제점을 가지고 있었다. 따라서 RTU 기반의 변전소 운영 시스템은 교체 주기가 도래하여도 완전한 IEC 61850 기반의 운영 시스템으로 전환이 불가능하여, 현장 인터페이스 설비와 감시실의 설비를 모두 교체해야만 IEC 61850 기반의 운영 시스템으로 전환이 가능하다.

본 논문에서는 RTU 및 축소형 모자이크만 기반으로 운전 중인 한국전력공사의 진동변전소, 비아변전소의 GIS 인터페이스 설비 및 보호 장치, 변압기 인터페이스 설비 및 보호 장치 등은 교체하지 않고, 감시실의 RTU 설비 및 주변 설비들을 IEC 61850 적용이 가능한 SA 운영 시

스텝과 IEC 61850 기반의 현장정보처리장치 및 DI 모듈, DO 모듈, AI 모듈로 구성된 현장정보처리반으로 교체하여 RTU 기반 변전소의 IEC 61850 기반 SA 변전소로의 전환에 대한 타당성을 실증하였다.

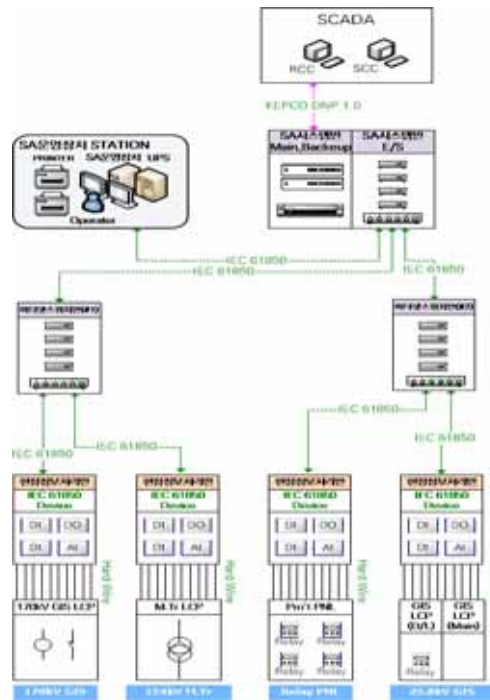
3. IEC 61850

그림 3과 같이 연결된 일반형 RTU 기반의 154kV 변전소에 연결되어 있는 변압기, GIS 등의 각종 변전설비의 제어, 계측 케이블을 그림 4와 같이 IEC 61850 기반의 현장정보처리반, 이더넷스위치반(E/S), SA 시스템 및 SA 운영장치 스테이션(Station)을 적용한 IEC 61850 SA 변전소로 전환하기 위하여, 현장정보처리반은 IEC 61850 장치와 CT, PT 및 변압기 Tap Changer 등의 아날로그 신호를 위한 아날로그 입력 모듈, CB, DS, ES 상태, 로컬/원격 제어 스위치 등의 디지털 입력 신호를 위한 디지털 입력 모듈, CB, DS, ES 등의 제어를 위한 디지털 출력 모듈 그리고 온도, 습도 측정 및 통신 기능을 구비한 판넬 감시진단장치로 구성되었다. 또한 현장정보처리장치에는 IEC 61850 Server 기능을 내장하여 IED 및 표준시각동기장치 그리고 SA운영장치와 IEC 61850 통신을 할 수 있도록 구성되었으며, 기존 RTU가 수행 중이던 인터록 등의 로직(Logic)을 수행할 수 있도록 로직제어기를 탑재 하였고, 전면 LCD에는 각종 현장정보처리반의 상태를 확인할 수 있도록 구성하였다. 그림 5는 현장 설치된 현장정보처리반이며, 그림 6은 SA 운영시스템 및 HMI가 설치된 사진이며, 그림 7은 현장정보처리반에 구현된 인터록 로직편집기 캡처 화면이다.



3. RTU 154kV

Fig. 3. RTU-based 154kV S/S connection diagram



4. IEC 61850

Fig. 4. IEC 61850 based S/S connection diagram

4.

실증을 위한 클라이언트 IEC 61850 적합성을 검증하기 위한 시험항목에 대한 요약은 다음과 같다[6,7,8]. 본 논문에 적용된 IEC 61850 기반 현장정보처리반은 클라이언트와 연결되는 IEC 61850 서버 기능을 탑재하고 있음으로 기존 정의된 클라이언트와의 상호 통신과 기능 동작을 기준으로 적합성을 검증하였다. 실증을 위한 클라이언트 IEC 61850 적합성을 검증하기 위한 시험항목에 대한 요약은 다음과 같다[6,7,8]. 본 논문에 적용된 IEC 61850 기반 현장정보처리반은 클라이언트와 연결되는 IEC 61850 서버 기능을 탑재하고 있음으로 기존 정의된 클라이언트와의 상호 통신과 기능 동작을 기준으로 적합성을 검증하였다. 실증을 위한 클라이언트 및 서버 IEC 61850 적합성을 검증하기 위한 시험항목에 대한 요약은 다음과 같다[6,7,8].

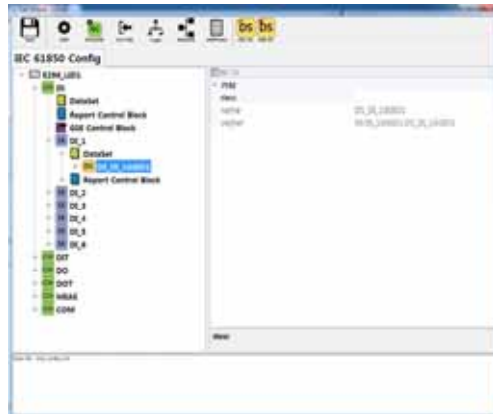


5. IEC 61850
Fig. 5. Installed IEC 61850 based field information processing panel



6. IEC 61850 SA HMI
Fig. 6. Installed IEC 61850 based SA operating system and HMI

- (1) Basic Exchange : 클라이언트가 서버에 기본적인 통신 연결과 해제를 요청하고 클라이언트의 요청에 대한 서버의 데이터모델응답을 받는지 검사하는 항목
- (2) DataSet : 클라이언트가 GOOSE와 리포트 전송을 위해 기본이 되는 데이터셋의 생성 삭제 등을 연속성과 비연속성으로 구분하여 요청하고SCL 파일로 만들어진 서버의 데이터셋의 리스트와 클라이언트의 서버 데이터셋 정보와 일치 여부를 확인하는 검사항목



7.
Fig. 7. 154kV Substation based on IEC 61850

- (3) Substitution : 클라이언트가 서버의 1차 설비(CT/PT, 스위치)와 연결된 데이터를 조작자가 제공하는 값으로 요청할 수 있는지 검사하는 항목

- (4) Setting Group Selection : 클라이언트가 세팅 그룹에 대해 선택, 편집, 값 가져오기 등 요청하고 서버는 긍정/부정 응답을 하는지 검사하는 항목
- (5) Unbuffered Reporting : 클라이언트가 URCB의 OptFlds나 TrgOps 등을 다양한 조합으로 요청할 수 있고, 서버가 보내오는 unbuffered Report를 받을 수 있는지 검사하는 항목
- (6) Buffered Reporting : Unbuffered Reporting에 대한 시험 항목을 포함하고 서버가 연결이 해제되어도 이벤트정보 Report는 버퍼에 저장되는 특징에 대한 추가적인 시험 수행하여 클라이언트의 서버에 대한 BRBC 설정 및 Buffered Report를 수신할 수 있는지 검사하는 항목
- (7) Direct control : 클라이언트가 서버에 직접제어를 위한 operate 명령을 내려 클라이언트가 선택한 ctlVal의 상태값이 변경되었는지 확인
- (8) SBO control : 클라이언트가 서버에 SBO 제어를 위한 Select, Operate, Cancel 서비스를 요청하고 서버의 긍정/부정 응답을 인지하는지 검사하는 항목
- (9) Enhanced Direct Control : 클라이언트가 서버에 enhanced 직접 제어를 위한 operate 명령을 내려 서버가 클라이언트 요청에 응답하는 과정을 검증하고, 클라이언트가 서버가 보내오는 Command Termination을 인지하는지 확인하는 항목
- (10) Enhanced SBO Control : 클라이언트가 서버에 select(w), operate, Cancel 요청을 시험 자가 설정한 값에 따라 서버에 요청하는지 확인하고, 클라이언트가 서버가 보내오는 Command Termination을 인지하는지 확인하는 항목
- (11) Time sync : 서버가 타임서버와 동기가 되는지 확인하는 시험으로 타임서버의 시간을 변경하면 서버의 시간도 변경되는지 확인하는 시험
- (12) File transfer : 서버가 가지고 있는 다양한 크기의 파일을 읽고 쓰고 지우기를 요청할 수 있고, 반대로 서버에 파일을 전송할 수 있는지 확인하는 항목
- 본 논문에 적용된 IEC 61850 기반 현장정보처리반은 클라이언트와 연결되는 IEC 61850 서버 기능을 탑재하고 있으므로 기존 정의된 클라이언트와의 상호 통신과 기능 동작을 기준으로 적합성을 검증하였다. 클라이언트 적합성 시험절차가 서버의 시험절차와 비교할 때 가장 큰

차이점은 IEC 61850 변전자동화시스템의 이벤트 정보 전달 메시지로 사용되는 GOOSE 시험이 존재하지 않는 점이다. 이는 GOOSE 통신이 데이터 모델을 내부에 가지고 있는 서버인 IED들 간에 이루어지기 때문에 내부에 데이터 모델을 가지고 있는 클라이언트에서는 시험을 진행하기가 불가능하기 때문이다. 하지만 GOOSE 이벤트에 대한 수신은 내부 데이터 매핑과 관계없이도 수행할 수 있기 때문에 GOOSE의 상태를 수신하여 UI에 표시하는 기능을 고려할 경우 클라이언트 적합성 시험절차에 포함될 가능성도 있다[6,9]. IEC 61850 적합성 중 GOOSE 시험은 IED가 GOOSE 메시지의 전달이 규격에 따라 전송하는 지와 수신된 GOOSE 메시지에 반응을 잘하는 지를 확인하는 기능시험에 국한하기 때문에 변전소에 IED의 GOOSE 기능을 적용할 경우 네트워크 환경에서의 성능을 측정하는 것이 IEC 61850 적합성 시험과 함께 필요하다고 사료된다[10].

IEC 61850 적합성에 대한 검증 항목을 요약하면, 다음 표 1과 같으며, 본 논문에서는 한국전력공사가 현장에서 사용 중인 IEC 61850 클라이언트 기능을 위주로 검증하였으며, 또한 본 현장정보처리반에 탑재된 IEC 61850은 서버의 기능임으로 GOOSE 메시지에 대한 시험도 진행하였다. 그림 8과 같이 Wireshark Log 패킷 분석을 통하여 IEC 61850 클라이언트와 현장정보처리장치의 IEC 61850 서버 시스템이 상호 IEC 61850 Basic Exchange 메시지를 원활히 주고받음을 확인할 수 있었다. 또한 현장에 운영 중인 일반형 RTU 및 모자익판넬을 대체하기 위하여 설치된 IEC 61850 기반의 현장정보처리장치는 기존 RTU가 수행하지 못하는 SNTP 시각동기를 그림 9와 같이 정상 수신하였음을 Wireshark Log 패킷을 통하여 확인할 수 있었다. Data Set, Substitution 및 Setting Group Selection은 IEC 61850 클라이언트와 IEC 61850 서버가 통신 규약이 일치하여만 통신이 가능하며, Unbuffered Reporting은 그림 10과 같이 정상 동작함을 확인하였다. 한국전력공사에서 사용 중인 IEC 61850 클라이언트는 Buffered Reporting 기능을 사용하지 않으므로 본 논문에서는 검증하지 않았다. 그림 11과 같이 SNTP 시각동기를 기반으로 각종 CB, DS, ES 상태를 IEC 61850 프로토콜 기반 하에서 정상적으로 입력을 받았다. 그림 12와 같이 또한 현장설비 제어를 위한

DO 출력도 정상 동작하였다.

1. IEC 61850

Table 1. IEC 61850 communication test result table

구 분	요약	결과
Basic Exchange	기본 통신	양호
Data Set	정보 일치	양호
Substitution	데이터 요청	양호
Setting Group Selection	긍정/부정 응답	양호
Unbuffered Reporting	리포트 송신	양호
Buffered Reporting	리포트 송신	사용안함
Direct control	제어 여부	양호
SBO control	제어 여부	-
Enhanced Direct Control	제어 여부	-
Enhanced SBO Control	제어 여부	-
Time sync	동기화 여부	양호
File transfer	파일 송신 여부	-
GOOSE	송수신 여부	양호

```
ISO/IEC 9506 MMS
Initiate Request (8)
Proposed MMS PDU Size: 32000
Proposed Outstanding Requests Calling: 1000
Proposed Outstanding Requests Called: 1000
Proposed Data Nesting Level: 5
Initiate Request Detail
MMS Version Number: 1
Proposed Parameter CBBS:
Proposed Parameter CBBS:
Array Support [STR1] (0)
Structure Support [STR2] (1)
Named variable support [VNAM] (2)
Alternate Access support [VALT] (3)
Addressed Variable Support [VADR] (4)
Third Party service support [TPY] (6)
Named variable List support [VLIS] (7)
Services Supported Calling:
identify (2)
fileOpen (72)
fileRead (73)
fileClose (74)
informationReport (79)
```

8. IEC 61850 Basic Exchange Wireshark Log

Fig. 8. IEC 61850 Basic Exchange Message Wireshark Log Packet

```
Network Time Protocol
Flags: 0x24
00.. .... = Leap Indicator: no warning (0)
..10 0... = Version number: NTP Version 4 (4)
.... .100 = Mode: server (4)
Peer Clock stratum: primary reference (1)
Peer Polling Interval: invalid (1)
Peer Clock Precision: 0.000004 sec
Root Delay: 0.0000 sec
Root Dispersion: 0.0010 sec
Reference Clock ID: Global Positioning Service
Reference Clock update Time: Jul 17, 2018 06:33:27.036577 UTC
originate Time Stamp: Jul 17, 2018 06:33:27.162548 UTC
Receive Time Stamp: Jul 17, 2018 06:33:27.163724 UTC
Transmit Time Stamp: Jul 17, 2018 06:33:27.164102 UTC
```

9. IEC 61850 SNTP Wireshark Log

Fig. 9. IEC 61850 SNTP Wireshark Log Packet

```
ISO/IEC 9506 MMS
Unconfirmed (3)
InformationReport
VariableList
RPT
AccessResults
VSTRING:
MEAS/LLN0$SRP$URCB_CT_3MMXU
BITSTRING:
BITSTRING:
BITS 0000 - 0015: 0 1 1 1 1 1 0 0 1 0
UNSIGNED: 75
BTIME
BTIME 2018-07-19 06:50:21.900 (days=12618 msec)
VSTRING:
E296_LID3MEAS/LLN0$DS_CT_3MMXU
UNSIGNED: 1
BITSTRING:
BITSTRING:
BITS 0000 - 0015: 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
VSTRING:
```

10. IEC 61850 Unbuffered Reporting

Wireshark Log

Fig. 10. IEC 61850 Unbuffered Reporting Message Wireshark Log Packet

```
ISO/IEC 9506 MMS
Unconfirmed (3)
InformationReport
VariableList
RPT
AccessResults
VSTRING:
DO/DO_1GGIO1$SRP$DO_1GGIO1
BITSTRING:
BITSTRING:
BITS 0000 - 0015: 0 1 1 1 1 1 0 0 1 0
UNSIGNED: 98
BTIME
BTIME 2018-07-18 03:20:56.887 (days=12617 msec= 12056887)
VSTRING:
E296_LID1DO/DO_1GGIO1$DS_DO_1GGIO1
UNSIGNED: 1
BITSTRING:
BITSTRING:
BITS 0000 - 0015: 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
BITS 0016 - 0031: 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
BITS 0032 - 0047: 0 0 0 0 0 0 0 0
VSTRING:
E296_LID1DO/DO_1GGIO1$ST$SPCS04
STRUCTURE
BOOLEAN: TRUE
BITSTRING:
BITSTRING:
BITS 0000 - 0015: 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
```

11. IEC 61850 Wireshark Log

Fig. 11. IEC 61850 Input Wireshark Log Packet

```
ISO/IEC 9506 MMS
Conf Request (0)
write (5)
InvokeID: InvokeID: 40643
Write
List of Variable
Object Name
Data
STRUCTURE
BOOLEAN: TRUE
STRUCTURE
INTEGER: 3
OSTRING:
UNSIGNED: 181
UTC
UTC 2018-07-18 03:20:48.000060 Timequality: 0a
BOOLEAN: FALSE
BITSTRING:
BITSTRING:
BITS 0000 - 0015: 0 0
```

12. IEC 61850 Wireshark Log

Fig. 12. IEC 61850 Output Wireshark Log Packet

```

goose
  AppID*: 1
  PDU Length*: 238
  Reserved1*: 0x0000
  Reserved2*: 0x0000
  PDU
    IEC GOOSE
    {
      Control Block Reference*: D980_C4344ALRM/LLN0$GO$Gocba
      Time Allowed to Live (msec): 4000
      DataSetReference*: D980_C4344ALRM/LLN0$pubDset1
      GOOSEID*: D980
      Event Timestamp: 2018-07-10 09:04.50.483000 Timequality: 0a
      StateNumber*: 181
      Sequence Number: 297763
      Test*: FALSE
      Config Revision*: 1
      Needs Commissioning*: FALSE
      Number Dataset Entries: 30
      Data
      {
        BITSTRING:
          BITS 0000 - 0015: 1 0
        BITSTRING:
          BITS 0000 - 0015: 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
      }
    }
  
```

13. IEC 61850 GOOSE Wireshark Log

Fig. 13. IEC 61850 GOOSE Message Wireshark Log Packet

또한 그림 13과 같이 현장 설치된 현장정보처리반은 기존의 IEC 61850 기반의 IED들과 상호 GOOSE 메시지를 정상적으로 주고받았다. IEC 61850 기반 통신 연결, DI 모듈을 통한 정보 수집, DO 모듈을 통한 현장 설비 제어, AI 모듈을 통한 전류, 전압 획득 및 GOOSE 연동 시험을 통하여, 본 논문에서 제안된 IEC 61850 기반의 현장정보처리반이 RTU를 효과적으로 대체하여 IEC 61850 기반의 IED와 동일한 기능을 수행함을 확인하였다. 다만, SBO Control, Enhanced Direct Control, Enhanced SBO Control 및 File transfer 기능은 적용 현장에는 미사용 기능으로 적합성 검증은 향후 시험기관을 통하여 추가 검증해 나갈 계획이다.

IEC 61850 변전자동화시스템은 국제규격의 통신서비스를 이용하여 각 기기들 간의 상호운용성의 보증을 기반으로 운영되기 때문에 시스템을 구성하는 IED와 상위운영시스템의 통신상의 적합성 검증이 중요하며, 본 논문에서 실증하고자 하였던 일반형 RTU 기반의 변전소 운영시스템을 디지털 변전자동화시스템에 적합한 IEC 61850 기반의 변전소로의 전환에 있어서 현장정보처리반이 IEC 61850 기반의 IED와 같이 효과적으로 현장 설비 및 상위운영시스템과의 통신상의 적합성을 만족 하였다.

5.

본 논문에서는 변압기, GIS 등의 일반 변전소 설비의 계측, 제어 신호가 연결된 RTU 및 관련 설비를 디지털 SA 변전소에 적합한 IEC 61850 기반으로 전환할 수 있는지에 대해서 실증 연구하였다. 기존에 사용되고 있는 RTU 기반의 현장정보처리반을 IEC 61850기반으로 구성할 수 있는 IEC 61850기반의 현장정보처리반, 이더넷 스위치반, SA 시스템반, SA 운영장치를 현장에 설치하여 실증하였다. 그리고 IEC 61850 Client 인증 프로그램과 Wireshark를 사용하여 시각동기, 상태감시, 상태제어, GOOSE 메시지 등이 IEC 61850 국제 규격에 적합하게 동작함을 확인할 수 있었다.

일반형 RTU 및 현장정보처리반 기반의 변전소 운영시스템을 IEC 61850 기반의 SA 운영 시스템으로 대체 적용함으로써 기설 변전소의 변압기, GIS 등의 전력설비를 그대로 사용하면서 변전소를 IEC 61850 기반의 디지털 SA 변전소 운영 시스템으로 전환이 가능함을 실증하였다. 향후, 미검증 적합성 항목에 대해서는 시험기관을 통하여 추가 검증하고, 기설 변전소 복수 개소에 대해 적용하여 기존 일반형 RTU 기반의 변전소 운영시스템을 효과적으로 SA 변전소 운영 시스템화 할 수 있음을 지속적으로 실증 검증 및 보완해 나갈 계획이다.

REFERENCES

- [1] Doo-Yeon Kim, Nam-Ho Lee, Jeong-Yeol Han, You-Jin Lee, Seok-Gon Kim, Jong-Ki Choi, Byung-Tae Jang, "Introduction of the implementation case of IEC 61850 based digital substation", Journal of the Korean Institute of Illumination and Electrical Installation Engineers, May, 2014
- [2] Sim-Bok Yuk, Sung-Hwan Lee, Chong-il Kim, "A Study on the Possibility of Transforming to Digital Substations using IEC 61850 Field Information Processing Panel of Legacy Substation", JKIECT, Vol.11 No.2, pp.129-136, April, 2018
- [3] Yong-Hak Kim, Jeong-Yeol Han, Nam-Ho Lee, Byeong-Heon Kim, Nae-Ho Park, Jung-Woo Hong, "The Realization Methods of IEC 61850 Based 154[kV] Substation Automation System in KECO System", Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engin

eers, 24(5): 86~93, 2010

[4] You-Jin Lee, Jeong-Yeol Han, Jong-Kee Choi and Nam-Ho Lee, "A Study on the Engineering Verification and Analysis of the IEC 61850 Based 154kV Digital Substation in KOREA," Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, Vol. 30, No. 12, pp. 67~74. December 2016

[5] Min-Uk Yang, "Study of applying SCADA system with IEC 61850 based electrical substation automation protocol and protocol comparison", the degree of Master Electrical Engineering, Chung-nam University, 2009

[6] Nam-Ho Lee, Byung-Tae Jang, "Development of IEC 61850 Client Testing System for Verifying the Communication Conformance of Substation Automation", Journal of the Korean Institute of Illumination and Electrical Installation Engineers, vol. 24, no. 6, pp. 169~176, June, 2010

[7] Conformance Test Procedures for client with IEC 61850-8-1 interface Revision 2.2, UCA IUG, 2009.

[8] Alex Apostolov, "We can not test 21st century IED with 20st century testing technology", Pac world winter, 2008.

[9] N.H Lee, B.T Jang, S.M Youn, J.Y han, Y.H Kim, "Development of the IEC61850 Traffic Analysis Interface Module for Constructing the SAS Test Automation System", Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, Spring Conference Papers, 2011

[10] Nam-Ho Lee, Byung-Tae Jang, "Performance Analysis of the GOOSE Transmission of an IED Considering Network Redundancy", Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers Vol. 23, No.10, pp. 75~80 October 2009

(Sim-Bok Yuk)

[]



- 2012 ()
- 2015 ()
- 2017 가 ()
- 2008 ()

< >

(Sung-Hwan Lee)

[]



- 1990 ()
- 1992 ()
- 1998 ()
- 1995 2001 ()
- 2001

< >

(Chong-il Kim)

[]



- 1987 ()
- 1989 ()
- 1993 ()
- 1993 가

< >

, STC, TCM, OFDM,