

IEC 61850 프로토콜의 배전자동화시스템에 사용을 위한 배전시뮬레이터 개발과 시뮬레이션 결과에 관한 연구

김재동*, 오재곤**

A study on the development of distribution simulator and simulation results for use in distribution automation system of IEC 61850 protocol

Jae-Hong Kim*, Jae-Gon Oh**

요약 신재생에너지 확대를 위한 배전자동화시스템의 안정성 평가를 위한 연구이다. 정부는 재생에너지 3020 이행계획 정책을 통해 2030년까지 신재생에너지를 확대하여 국민의 삶의 질을 높이는 참여형 에너지 체계로 전환할 계획이다. 정부는 2030년까지 재생에너지 발전량 비중을 국내 보급 에너지의 20%로 목표 설정하였다. 신규 설비용량의 95% 이상을 태양광 풍력 등 청정에너지로 설립할 계획이다. 재생에너지 보급 확대로 에너지 신사업과 분산전원 산업이 육성되어 과거의 대규모 전원 개발이 아닌 근거리, 저압, 소규모 발전이 급속히 확대되었다. 이런 수요로 인해 배전 설비 운영의 중요성이 대두 되었고 배전자동화시스템이 필요성 증대되고 있다. 본 논문에서는 배전자동화시스템의 성능 및 기능 평가를 위한 배전시뮬레이터 개발에 대해 다루었고 이와 배전자동화시스템과의 연동시험 결과를 제시한다. 배전시스템에 진보된 시스템을 도입하기 위해서는 송변전시스템의 장점을 취해야 한다. 배전시스템에서 DNP3.0프로토콜을 사용하고 송배전시스템에서 IEC61850 프로토콜을 사용한다. 이 두 프로토콜을 배전자동화시스템에서 혼용하여 사용시 제어, 모니터링 등의 운영에 대한 기능과 성능을 충족한다는 결론을 보였다.

Abstract It is a study for the evaluation of the stability of the distribution automation system for the expansion of renewable energy. Through the Renewable Energy 3020 Implementation Plan, the government plans to expand new renewable energy and convert it to participatory energy that improves the quality of life of the people by 2030. The government has set a target of 20% of domestic supply energy for renewable energy generation by 2030. It is planning to establish more than 95 percent of its new facilities with clean energy such as solar power and wind power. By expanding the supply of renewable energy, new energy businesses and distributed power industry were fostered, and short-distance, low-voltage, and small-scale power generation were rapidly expanded rather than large-scale power development in the past. Due to this demand, the importance of power distribution facility operation has emerged and the need for distribution automation system is increasing. This paper discusses the development of a power distribution simulator for the performance and function evaluation of power distribution automation systems and presents the results of an interlocking test with the power distribution automation system. In order to introduce an advanced system into the power distribution system, it is necessary to take advantage of the transmission and distribution system. The DNP3.0 protocol is used in the distribution system and the IEC61850 protocol is used in the transmission and distribution system. It was concluded that the functions and performance of operations were satisfied when these two protocols are mixed and used in the distribution automation system.

Key Words : DAS, DNP 3.0 ,IEC 61850, Distribution automation system, Intelligent distribution management system

* Development Center. Jae-Hong Kim(rdragon60@naver.com)

** Corresponding Author : Tech University of Korea (cgoh@kpu.ac.kr)

Received March 30, 2022

Revised April 04, 2022

Accepted April 21, 2022

1. 서론

배전에서 사용하고 있는 배전자동화시스템은 배전 선로에 설치되어 있는 여러 종류의 개폐장치 및 배전 선로의 보호기기 정보를 단말장치와 통신장치로 실시간으로 주장치에 제공함으로써 배전선로의 상황을 실시간으로 확인하게 해준다. 배전자동화시스템은 배전 선로의 고장구간의 파악과 원거리에 광범위로 설치되어 있는 배전자동화용 개폐장치를 주장치에서 제어한다[1]. 이는 정전구간 축소와 정전시간을 단축시키는데 매우 중요한 역할을 한다. 전력의 품질과 고정밀도를 필요로 하는 전력소비자의 요구가 늘어남에 따라 배전자동화시스템이 단순히 현장 원격제어 기능을 넘어 스스로 판단하고 사고 구간을 스스로 복구하는 지능형 시스템으로의 세대교체가 필요한 시점이다.[2] 하지만 현재의 통신 네트워크의 낮은 전송속도 그리고 DNP 3.0 프로토콜은 기능의 한계를 가지고 있다. 본 연구는 최근 사용범위가 넓어지고 있는 IEC 61850 프로토콜을 배전자동화시스템에 적용하기 위한 연구이다. 기존 ASE 2000(Applied Systems Engineering 2000 for DNP3.0)와 UniCAsim(IEC61850) 프로그램의 경우, 배전자동화시스템과의 연결에 필요한 통신설정(속도, IP.Port)을 할 수 없어 시뮬레이터를 개발하였다. ASE2000과 UnCAsim의 라이브러리만을 사용하여 개발함으로써 프로토콜의 특성은 유지하였다. IEC 61850을 배전자동화에 도입했을 때 발생하는 현상을 확인하기 위하여 배전자동화 시뮬레이션을 개발하고, DNP 3.0과 IEC 61850의 운영 시 고려 사항을 제시하고자 한다. 본 연구는 늘어나는 배전데이터를 효율적으로 운영하기 위해 배전자동화시스템을 기존의 계통 운영제어 관점에서 새로운 정보통신시스템 관점으로 시스템을 분석하였다. 현재까지 배전자동화시스템에서는 IEC 61850이 현장에 설치되어 있지 않아 많은 연구가 없지만 단말장치가 배전선로에 설치됨에 따라 본 연구를 통해 시스템 개발과 성능에 참고가 될 것이다.

2. 연구방향과 배전자동화시스템 구성

우리나라의 배전 선로 운영시스템은 배전자동화시스템이다. 배전자동화시스템은 주장치, 통신장치, 단말

장치로 구분된다. 주장치는 서버, 모니터링용 컴퓨터, 이력서버 등으로 구성되어 있다[3]. 본 연구에서는 현장에서 사용하는 배전용 단말장치의 제어와 모니터링 역할을 하는 배전자동화 주장치 시뮬레이터와 단말장치 시뮬레이터를 개발하여 연계시험을 수행 하였다. 또한 해외 전력시뮬레이터의 특성을 비교하여 시뮬레이터의 기능을 보강 개발하였다. 단말장치 시뮬레이터는 다양한 기능 중에서 기본형 단말장치, 리크로즈, 다기능 단말장치 기능을 시뮬레이션 할 수 있게 개발 하였다. 개발된 배전자동화 주장치 시뮬레이터와 단말장치 시뮬레이터를 상호 연동하여 배전자동화시스템을 시뮬레이션 하였다. 상호연동시험을 통해 DNP 3.0, IEC 61850 프로토콜을 사용하여 단말장치를 제어 및 모니터링 하였다. 이 결과로 배전자동화시스템 제어 및 모니터링 시의 프로토콜별 데이터의 크기와 통신 네트워크 대역폭을 측정하여 배전자동화시스템과 네트워크 관계를 연구하였다.

2.1 배전자동화 시스템의 구성

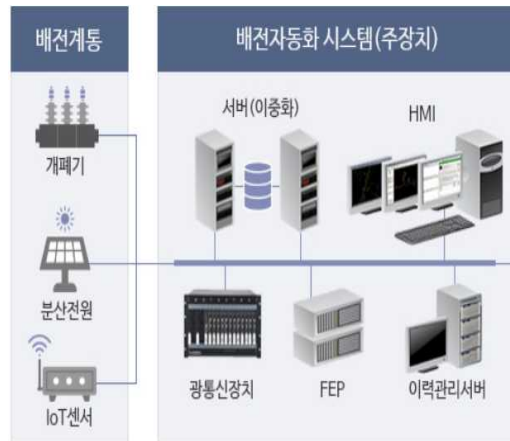


그림 1. 배전자동화 시스템 구성도[4]

Fig. 1. Distribution automation system configuration diagram

그림 1에서 배전자동화 시스템의 하드웨어는 서버, HMI, 이력관리서버(데이터베이스)로 구성되어 있다. 주장치 서버의 기능은 배전선로 데이터 관리, 통신처리, 배전선로 계통도 입력, 설비관리이며 HMI(Human-Machine

Interface)에서는 단말장치의 상태감시, 제어를 수행한다. FEP(Front End Processor:전단처리기)는 단말장치 통신 관리, 스케줄링을 담당한다. 이력관리서버는 선로운영을 위한 개폐기 설정과 수신된 데이터를 저장한다[4].

2.1.1 주장치

주장치는 배전 운영 설비들의 데이터 모델을 구성하여 실시간 데이터를 생성하고, 현장 단말장치와 통신을 담당하는 FEP(Front End Processor)로부터 취득된 데이터를 실시간 관리하며, 비교 분석의 가공을 통해 알람 및 이벤트를 필요로 하는 모든 시스템 프로그램 및 연계 시스템에게 전달한다. 또한 이력 관리를 위해 취득된 데이터와 통신 성공률, 시계열 등의 연산된 데이터를 데이터베이스에 주기적으로 저장한다.

2.1.2 FEP(Front End Processor) 전단 처리기

FEP 프로그램은 현장 기기가 원거리에 떨어져 있거나 또는 설치된 지역의 특성에 따라 여러 종류의 통신 방식을 지원해야 하므로 원활한 데이터의 흐름과 주장치 프로그램의 부하를 줄이기 위해 FEP 프로그램을 사용한다. 현장에 설치된 단말장치인 FRTU(Feed Remote Terminal Unit:배전자동화 단말장치), 분산 전원 등 현장 기기와 통신하여 현장 데이터를 수집하고, 주장치에서 실행한 제어, 계측 명령을 전송한다. FEP 프로그램은 FRTU와 IoT 센서, 분산전원 정보 등 현장 기기의 정보를 수집하고 통신해야 하므로 다양한 통신 프로토콜을 지원한다. FEP 프로그램은 통신프로토콜을 사용해 FRTU와 유선과 무선 방식으로 통신 연결을 하고, 연결된 통신의 유지와 패킷의 교환, 패킷의 추출 및 생성, 추출한 데이터가 주장치에서 사용되도록 실시간 데이터 값 갱신 등의 역할을 한다.

2.1.3 단말장치

단말장치는 배전 선로에 설치되어 있는 개폐기, 리크로저 등의 제어함 내부에 장착되어 있다. 배전 선로의 전압과 전류를 기록하고, 원격으로 잠금이나 풀림 등을 제어하는 단말기기를 현장에서 설치하고 통신 네트워크를 통해 주장치와 데이터를 연결하여 선로 상태를

를 모니터링 및 제어한다.

3. 배전자동화시스템 시험을 위한 시뮬레이터 설계

배전자동화 시스템의 시뮬레이터 개발을 위해 국내외 전력 시뮬레이터의 특성과 기능을 표 1과 같이 정리하였다. 전력 자동화 시뮬레이터의 프로토콜, 운영체제 등 세부기능을 정리하였다. 대표적인 전력자동화 시뮬레이터는 ASE 2000(Applied Systems Engineering 2000)이다. 주장치와 단말장치를 시뮬레이션 할 수 있으며 지원 프로토콜은 DNP3.0 이다. UniCASim은 IEC 61850 프로토콜을 시뮬레이션을 할 수 있다[5]. ASE200과 UniCASim은 서로 다른 회사의 프로그램으로 프로토콜(DNP3.0과 IEC 61850)이 다른 단말장치를 동시에 하나의 주장치로 운영하며 시험할 수 없어 배전자동화 시뮬레이터를 개발하였다. 배전자동화 시뮬레이터는 DNP3.0과 IEC 61850을 동시에 시험할 수 있도록 설계하였다.

3.1 배전자동화 주장치 시뮬레이터 프로그램

표 1. 전력 자동화 주장치 시뮬레이터 비교

Table 1. The Power automation main device simulator comparison

구분	ASE2000	UniCASim	배전자동화 시뮬레이터
제조사	KALKI	KEMA	자체개발
운영체제	Windows	Window	Window
지원 프로토콜	DNP 3.0	IEC 61850	DNP 3.0 IEC 61850
기능	-Point Value -Event log -Analog /control	-IEC 61850 시뮬레이션 -GOOSE -Time sync -View data	-Point Value -Event log -Analog /control

표 1은 전력자동화 주장치 시뮬레이터의 비교이다. ASE2000과 UniCASim의 기능을 참조하여 배전자동화 시뮬레이터를 개발 하였다. 배전자동화시스템의 주장치는 배전선로를 운영하기 위해 많은 기능을 가지고 있다. 본 연구에서는 배전자동화 주장치 시뮬레이터는 제어, 모니터링과 계통도 모델링의 주요 기능으로 설계하였으며 설계를 기반으로 배전자동화시스템 시뮬

레이션을 위해 주요 기능만을 구현하였다.

표 2는 배전자동화 시스템과 배전자동화용 시뮬레이터의 비교이다. 배전자동화 시뮬레이터는 MS Windows 기반으로 개발되었으며 시뮬레이터의 DB는 가벼운 File DB를 사용하였다. 배전자동화 시뮬레이터의 기능은 배전자동화 제어/운영, 계통도 편집, 계통도 보기, 현장 단말장치 모니터링과 시뮬레이션이다. 배전자동화시스템은 MS Windows 기반에 데이터베이스로는 MS-SQL을 사용하였다. 배전자동화는 DNP 3.0 프로토콜을 주로 사용하고 있다.

표 2. 배전자동화 주장치 비교
Table 2. The comparison of main equipment for distribution automation

구분	배전자동화시스템	배전자동화용 시뮬레이터
OS	MS Windows	MS Windows
DB	MS-SQL	File DB
프로토콜	DNP 3.0	DNP 3.0/IEC 61850
개발언어	C, Visual C++, C#	Visual C++, C#
적용 규모	대규모 (1000대/개폐기)	소규모 시뮬레이션 (200대/개폐기)
주요 기능	-배전자동화제어/운영 -계통도 편집 - FEP 연동 - 모니터링	-배전계통시뮬레이션 -단말장치 Test -배전계통 모델링

3.2 DNP 3.0 단말장치 시뮬레이터 설계 및 구현

3.2.1 DNP 3.0 단말장치 시뮬레이터 구현

배전선로의 단말장치 종류로는 기본형, 다기능, 리클로저 단말 장치가 있다. 각기 다른 종류의 단말장치는 고유한 기능을 수행한다.

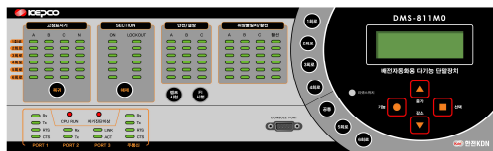


그림 2. DNP3.0용 단말장치(FRTU)
Fig. 2. Terminal equipment for DNP3.0 (FRTU)

그림 2는 DNP3.0용 단말장치이며 기능은 아래와 같다.

- DNP3.0 기반 단말장치 기능
 - 주장치와 통신 처리 (DNP 3.0 Protocol)
 - Analog(전류, 전압)값 계측
 - 4 ~ 20mA 계측, ZCT 계측
 - Digital Input 처리
 - Digital Output 처리
 - Fault 감지 및 배전선로 상태 감시
 - 전기품질 감시, Sectionalizer
 - 파일 전송, 내부 통신
 - 자기 진단, 표시 및 설정
 - 동작횟수 감시 및 저장 기능
 - 이력정보 저장

3.2.2 DNP3.0 단말장치 시뮬레이터 구현

그림 3은 DNP3.0 시뮬레이터의 화면으로, 프로그램을 기동하면 최초 구동 시 설정된 Dataset 파일이 생성된다. DNP 3.0을 기준으로 화면 인터페이스, 데이터 생성모듈, 고장생성의 모듈로 구성되어 있다.

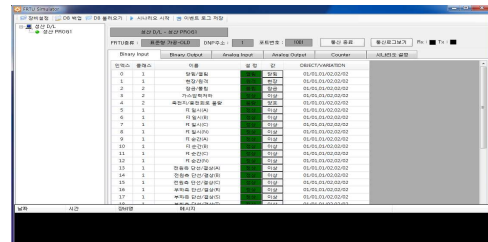


그림 3. DNP 3.0 시뮬레이터 구현 화면
Fig. 3. DNP 3.0 simulator implementation figure

3.3 IEC 61850 단말장치 시뮬레이터 설계 및 구현

3.3.1 DNP 3.0 단말장치 시뮬레이터 구현

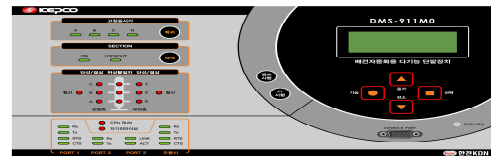


그림 4. IEC 61850용 단말장치(IED: Intelligent Electronic Device)
Fig. 4. Terminal equipment for IEC 61850 (IED)

IEC61850는 Manufacturing Message Specification(MMS)는 초기 공장자동화에 주로 사용하였으나 최근엔 발전, 송전, 배전에도 표준으로 채택되어 사용 중이다. 변전소 프로토콜은 이 밖에도 IEC 61334, Distribution Line message Specification(DLMS)등이 주로 사용되고 있으며 IEC 61850은 주로 변전소에서 사용되고 있다. 최근 배전 자동화에서도 점진적으로 사용되고 있다. 그림 4는 IEC 61850용 단말장치이며 기능은 아래와 같다.

- IEC 61850 기반 단말장치 기능
 - 주장치와 통신 처리 (IEC 61850 Protocol)
 - 감시 기능
 - 디지털 신호 입출력 기능
 - 차단기 회로 감시
 - 전원 회로 감시
 - 계측 기능
 - 전압, 전류
 - 유효/무효전력
 - 역률/주파수
 - 제어 기능
 - 차단기 On/Off
 - 단로기 On/Off

3.3.2 IEC 61850 단말장치 시뮬레이터 구현

그림 5는 IEC 61850 시뮬레이터의 화면으로, 실행 시 IED 파일이 활성화되며 실행 메뉴를 선택하면 제어 및 모니터링 할 수 있다.



그림 5. IEC 61850 시뮬레이터 구현 화면
Fig. 5. IEC 61850 simulator implementation figure

4. 배전자동화 시스템 시뮬레이터 연계 시험



그림 6. 배전자동화 시뮬레이터 구성도[기
Fig. 6. Distribution automation simulator configuration diagram

그림 6은 배전자동화시스템과 시뮬레이터 연계를 위한 구성이다. 배전자동화 시스템과 시뮬레이터 연계 시험은 다음과 같은 순서로 시행되었다[7].

- (1) 배전자동화시스템의 주장치의 DB를 단말장치 DNP용 50대, IEC 61850용 50대 설정
- (2) 단말장치 시뮬레이터를 연결하여 운영상태 측정
- (3) 단말장치 기준 100의 통신 연결 확인
- (4) DNP용 50대, IEC 61850용 50대에 현재상태 확인(단합/열립, 잠금/풀립)
- (5) 배전자동화 설비 50대를 무작위로 제어 시행 후 트래픽 측정
- (6) 상태 정보 : 현장/원격 조작 변동 확인
- (7) 계측 정보 : 전압, 전류, 전력 계측 확인

4.1 단말장치를 제어 시 제어시간

DNP 3.0의 경우 통신 전송속도가 9600bps로 개폐기를 제어한 후 결과 확인 대기시간까지 최소 10초의 시간이 소요된다. 배전선로의 고장이 있을 경우 평균 9개의 개폐기를 제어하는 경우를 고려하면 고장 복구까지 1분 30초의 시간이 소요된다. 또한 DNP 3.0의 제어의 경우 동시에 여러 대를 제어할 수 없고 한 대의 단말장치에 제어 명령을 내린 후 제어 확인까지 대기하는 시간이 필요하다.

이에 반해 IEC 61850의 경우 동시에 제어가 가능하고 통신 속도 또한 10/100Mbps로 규정하고 있어 개폐기 제어 결과 대기시간까지 한 대당 3초 정도 걸린다. 9대를 제어한다고 가정했을 때 최소 30초 정도면 9대의 개폐기에 대한 결과를 도출할 수 있다.

4.2 통신전송속도와 트래픽 비교

DNP 3.0의 경우 시리얼 기반으로 1200~9600 bps로 운영되고 있다. 배전현장에서는 광전송장치의 경우 9600bps로 운영되고 데이터 크기 또한 300byte 정도로 비교적 적다. 그림7,그림8에서 트래픽 결과를 분석하면 배전자동화용 현장 단말장치의 모니터링과 제어는 프로토콜별 기능상에 차이는 없다. 제어, 모니터링 패킷 크기는 DNP3.0 (Packets:50,357)보다 IEC 61850(Packets:303,317)이 6배 이상 증가하였다. TCP/IP(transmissioncontrol protocol/internet protocol) 네트워크를 통한 전체 트래픽은 DNP3.0(Bytes: 5,560,545)보다 IEC 61850(Bytes:29,112,960)으로 5.2배 정도 증가하였다.

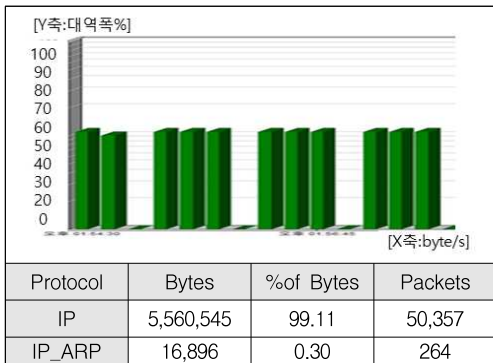


그림 7. DNP 3.0 단말장치 운영 시 데이터 크기
Fig. 7. The data size when operating DNP 3.0 terminal device

그림 7은 DNP3.0의 단말장치 운영 시 데이터 주기 및 크기이다. 100Mbps의 대역폭에서 55Mbps의 대역폭을 사용한다.

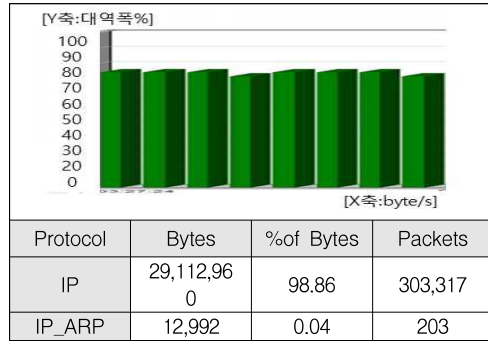


그림 8. IEC 61850 단말장치 운영 시 데이터 크기
Fig. 8. The Data size when operating IEC 61850 terminal equipment

그림 8은 IEC61850의 단말장치 운영 시 데이터 주기 및 크기이다. 100Mbps의 대역폭에서 75Mbps의 대역폭을 사용한다. 배전자동화 주장치/단말장치 시뮬레이터 연동시험 결과, DNP 3.0에 비하여 IEC 61850은 제어와 응답시간이 1/10로 감소하였다. IEC 61850은 DNP 3.0에 비해 패킷 수는 6배 이상, 네트워크의 전체 데이터 크기는 5.2배 정도의 증가를 보였다. 이 결과는 배전선로의 네트워크의 대역폭 확장 고속데이터 전송을 위해서는 최소 100Mbps 이상의 전송속도를 가진 통신 네트워크가 필요하다는 결론에 이른다. IEC 61850 표준 문서에서 요구하는 네트워크 성능은 10/100Mbps으로 규정하고 있다[8]. 본 연구 결과에서는 최소 100Mbps이상이 필요하다. 배전자동화시스템에서 IEC 61850 단말장치를 활용하기 위해서는 현장의 단말장치까지 100Mbps이상의 통신 네트워크가 필요하다.

4.3 시뮬레이터의 성능 시험

표3은 연계시험 성능기준과 결과이다. 배전자동화의 주요 기능은 현장의 단말장치를 실시간으로 제어하고 현장의 전압, 전류값 그리고 개폐기의 상태를 모니터링 하는 것이다. 세부상태 정보로는 현장/원격 조작 변동, 잠금/풀림 상태 변동, 외부전원 상실 상태 변동, 과전류 검출 여부 확인 등이 있다[9]. 계측 기능으로는 전압, 전류 RMS 계측, 피상전력, 유효, 무효 전력 계측, 평균 부하전류 계측 기능이 있으며 시뮬레이터에서의 변경

된 값과 배전자동화주장치에서의 값이 일치하였다. 이 결과로 연계시험에 대한 성능은 이상이 없었다.

표 3. 연계시험 성능기준과 결과
Table 3. Linked test performance standards and results

시험항목		성능기준	결과
상태 정보	현장/원격 조작 변동	변동 여부	정상
	잠금/풀림 상태 변동	변동 여부	정상
	외부전원 상실 상태 변동	변동 여부	정상
	과전류 검출 여부 확인	검출 여부	정상
계측 정보	전압, 전류 RMS 계측	계측 여부	정상
	피상전력, 유효, 무효 전력 계측	계측 여부	정상
	평균부하전류 계측 기능	계측 여부	정상

5. 결 론

본 연구에서는 신재생에너지의 확대로 배전의 환경에 영향을 주는 단말장치에 대한 운영에 관한 고려사항을 도출하였다. 배전에서 사용하고 있는 배전자동화시스템은 배전선로에 설치되어 있는 여러 종류의 개폐장치 및 배전선로의 보호기기 정보를 단말장치와 통신장치로 실시간으로 주장치에 제공함으로써 배전선로의 상황을 실시간으로 확인하게 해준다. 배전선로의 고장구간의 파악과 배전자동화시스템에서 IEC 61850을 사용하려는 주된 목적은 단말장치 간 통신을 통해 고장구간을 신속히 분리하고자 하는 것이다. 고장구간의 분리를 위해 데이터의 크기와 주기에 주목해야 한다. 본 연구에서 100Mbps의네트워크에서 DNP3.0의 경우 55Mbps로 IEC 61850의 경우 75Mbps의 대역폭에서도 제어 및 모니터링 성능이 유지됨을 보였다. IEC 61850 방식은 배전자동화에서의 사고 복구 시 단말장치의 제어 및 복구 시간을 현재 5분에서 차세대 배전자동화시스템에서는 수 초로 복구가 가능한 프로토콜이다. 배전자동화시스템과 단말장치를 연결하여

연계시험을 수행하였으며 이때 상태정보,계측정보 기능을 위한 성능에서도 문제가 없었다. 배전자동화시스템에 사용하는 DNP 3.0에 비해 많은 데이터량과 100Mbps급 이상의 네트워크를 요구하지만 IEC 61850을 사용하면 무정전과 빠른 고장복구를 실현할 수 있을 것이다.

REFERENCES

- [1] Kim, Myung - Soo, "Research on Conceptual Design of the Next-generation Distribution Management System", A Study on the Next-Generation DMS Construction Plan (Final Report), '16 Electric Power Research-So, 2019.
- [2] "Distribution automation practice", Korea Electric Power Corporation distribution office . 2019.
- [3] Bok-Nam Ha, Seong-Woo Lee, Chang-Hoon Shin, So-Young Park, "Development of distribution automation technology Current Status and Prospect", Korean Institute of Electrical Engineers Summer Conference, 2008. Trans. KIEE. Vol. 60, No. 4, APR, 2011
- [4] Kepco-KDN online: <https://www.kdn.com/menu.kdnmid=a10203250700> accessed on 2021.
- [5] Mohagheghi S., Mousavi M., Stoupis J. Wang Z. "Modeling distribution automation system components using IEC 61850 ", Power & Energy Society General Meeting, 2009. PES '09. IEEE
- [6] IEC, "IEC61968-Part 1, Part 2, Par 3". 2018.
- [7] Sang-UK Yeo, "Network Performance Verification for Next-Generation Power Distribution Management System Using FRTU Simulator" The Korea Information Electron Communication Technology. 20-12, Vol.13 No.6
- [8] Sung-Ho Hwang, "GOOSE Traffic Generator Using Network Emulation", The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication (IIBC), Vol. 16, No. 1, pp.209-214, 2016.2. DOI: <http://dx.doi.org/10.7236/JIIBC.2016.16.1.209>

저자약력

김 재 동(Jae-Hong Kim)

[개인회원]



- 2010 ~ 현재 동대학원
정보통신공학 박사 과정
- 2005 ~ 현재
(주)승일전력 산업
대표 이사

배전자동화, 미터링, 분산전원

오 재 곤(Jae-Gon Oh)

[개인회원]



- 1999 경희대학교 박사
- 1999 ~ 현재 :
한국산업기술대학교
전자공학과 교수

전력 계통, 스마트 그리드, 제어 시스템