

전기안전을 위한 스마트분전반 표준화 연구

A Study on the Standardization of Smart Distribution Board for Electrical Safety

문 현 옥* · 임 용 배* · 김 동 우* · 이 상 익* · 최 명 일*

(Hyun-Wook Moon · Young-Bea Lim · Dong-Woo Kim · Sang-Ick Lee · Myeong-Il Choi)

Abstract - Electrical disasters have not been greatly reduced despite continuous prevention efforts until now. However, the smart distribution board which can be measured information about general electrical condition such as current, voltage, power, power factor etc. and electrical safety condition such as over-current, leakage current, arc etc. and communicated analysis information about electrical condition with server will be helpful for the prevention of electrical disasters through real-time surveillance and data analysis under smart grids based on the two-way communication. In this paper, the proposal standard of smart distribution board for electrical safety is suggested about the structure, functional requirements of compositions, communication, security and so on.

Key Words : Smart distribution board, Electrical safety, Standardization, Smart grids

1. 서 론

최근 정보화 및 첨단화된 생활환경에 따라 전기에너지에 대한 의존도가 높아지고 있으며, 이와 동시에 전기안전에 대한 위험요소도 함께 증가하여 전기화재와 감전사고 등의 전기재해는 지속적인 예방 노력에도 불구하고 크게 감소되지 않고 있는 실정이다 [1]. 현재 국내에서 주로 보급되어 사용되고 있는 분전반은 전원의 분기회로의 배분과 누전이나 단락, 과부하 등의 전기적으로 고장난 회로를 전원으로부터 분리하는 기능으로써의 역할에 한정되어 있다. 따라서 전기재해를 예방하기 위한 기술은 부하측에서 발생하는 일정 수준 이상의 누전 또는 과전류를 감지하여 그 회로를 차단하는 단순 기능에만 한정될 수 있다[2]. 하지만 종래의 분전반 기능에 전류, 전압, 전력, 역률 등의 전기정보와 과전류, 누설전류, 아크 등 전기안전 상태에 대한 위험요소를 실시간으로 계측, 분석할 수 있는 스마트분전반을 이용한다면 스마트그리드의 양방향 통신기술을 기반으로 서버와의 통신을 통하여 에너지의 효율적인 이용과 더불어 전기안전관리 측면에서도 실시간 감시와 데이터 분석을 통해 재해예방 기술의 적용이 용이해진다 [3]. 스마트그리드(Smart Grids)는 기본적으로는 전력망과 IT기술의 융합을 통해 전력생산자와 소비자가 양방향 정보교류를 가능케 하며, 안전하고 고효율의 전력망을 구축하는 차세대 전력관리시스템으로 우리나라는 2010년 발표한 스마트그리드 국가 로

드맵을 통해 2030년까지 국가 단위 스마트그리드 구축을 추진하고 있다[4, 5]. 그리고 스마트그리드 관련 표준은 스마트그리드 표준화 포럼을 통해 표준화 프레임워크, 주요 분야 핵심표준, 보안 표준 등을 개발하고 있다. 한편 국외에서는 스마트그리드 관련 표준 제정을 IEC, IEEE 등의 국제 표준기구와, 정보통신 부분에서는 ITU-T에서 추진하고 있다[6]. 하지만 전기안전을 위한 스마트분전반에 관한 표준에 대한 논의는 부족한 실정이다.

본 논문에서는 스마트그리드 체제하에서 기존 분전반을 대신하여 전기안전관리의 새로운 방안이 될 스마트분전반의 신뢰성 확보 및 안정적 운영을 위해 스마트분전반의 구조와 구성요소의 기능 요구사항, 통신, 보안 등에 대한 표준안을 향후 스마트그리드 표준화 포럼 등을 통해 단체표준으로 제안하여 전기안전을 위한 스마트분전반의 표준화 자료로 활용하고자 한다.

2. 본 론

2.1 스마트분전반의 표준안

스마트분전반은 스마트그리드 기술이 도입된 환경에서 전기에너지의 공급과 사용을 최적화 및 효율화하고 전력을 공급하는 전기설비의 안정적인 운영과 전기안전관리를 위해 전기설비 상태감시 기능을 제공하는 시스템이다. 기존 분전반은 전원 공급 및 누전이나 단락, 과부하 등으로부터 재해예방 기능만을 제공했지만 스마트분전반은 데이터분석과 실시간 감시를 통해 기존 분전반의 기능뿐만 아니라 전기설비의 안정적인 운영을 위한 전기정보 제공과 전기재해 추가 위험요소 예방까지 가능해지면서 앞으로 스마트그리드 체제하에서는 스마트분전반의 설치가 필요하다. 이러한 스마트분전반의 설치 확대를 대비하여 제조, 생산되는 제품들

† Corresponding Author : Electrical Safety Research Institute, a subsidiary of KESCO, Korea

E-mail : hwmooon@kesco.or.kr

* Electrical Safety Research Institute, a subsidiary of KESCO, Korea

Received : November 23, 2015; Accepted : December 9, 2015

의 상호 운영과 신뢰성 확보 및 안정적 운영을 위해 스마트분전반의 표준안이 필요하다

그리하여 다음의 스마트분전반 표준안은 스마트분전반의 시스템 구성과 운영에 요구되는 사항에 대해 정의하며, 적용범위, 인용표준, 스마트분전반의 구조, 스마트분전반 구성요소의 기능 요구사항, 스마트분전반의 통신과 보안에 관한 구성으로 이루어진다. 그 중에서 스마트분전반의 구조, 기능 요구사항, 통신과 보안에 대해서 기술하도록 한다.

2.2 스마트분전반의 구조

기존의 분전반이 분기 과전류차단기 및 분기 개폐기를 설치하여 단순히 과전류, 누전차단 등 일부 기능만을 갖추고 있는 것에 비해 스마트분전반은 종래의 분전반 기능에 전류, 전압, 전력, 역률 등의 전기 정보와 과전류, 누설전류, 아크 등 전기안전 상태에 대한 위험요소를 각 분기별로 계량, 계측하고 분석, 저장하여 서버와 통신할 수 있는 분전반을 말한다. 스마트분전반은 시스템과 연계된 장치들의 동작상태와 전기 정보를 감시하여 운영 이상이 발생하는 경우에는 이상 상태를 표시, 모니터링하고 제어하는 기능을 제공하여 전기설비의 안정적인 운영과 사용자의 안전한 전기사용 환경 확보 및 유지를 위한 기능을 정의한다. 이러한 스마트분전반의 구조 예시는 그림 1과 같다.

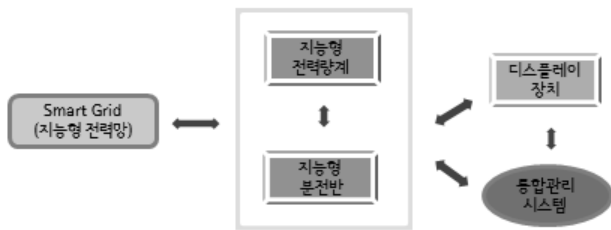


그림 1 스마트분전반 구조 예시도

Fig. 1 Example for the structure of smart distribution board

스마트분전반은 지능형분전반, 지능형전력량계, 전기통합관리시스템 등의 지능형 전기설비를 유무선 통신으로 연계하여 전력량, 역률 등의 전기적인 양을 계량 및 계측하고 부분방전, 아크, 누설전류, 과전압, 과전류 등의 전기안전 관련 사항을 감시한다.

지능형분전반은 부하와 배선 등의 이상상태를 감지하여 전기안전 확보를 위해 제어 기능을 제공할 수 있어야 하며, 통신 네트워크를 통하여 에너지관리 기능을 갖는 시스템 장치와 연계할 수 있고, 분전반과 디스플레이, 서버간의 통신이 가능하여야 한다.

지능형전력량계는 에너지 사용량을 실시간으로 계측하고 통신망을 통한 계량 정보 제공으로 사용자 에너지사용을 제어할 수 있는 기능을 갖는 디지털 전자식 계량기를 말한다. 이는 사용자와 전력 공급자간의 전력 소비 정보화 인프라 구축으로 주거 공간 에너지관리시스템을 통한 소비자의 능동적인 에너지관리 시스템으로도 가능하다.

전기통합관리시스템은 실시간으로 지능형 전기설비의 정보를

모니터링하고 전기 공급 상태 및 안전 상태 등 사용정보를 분석하여 사고가 발생하기 전에 이상 상태 통보 및 제어를 할 수 있고, 에너지 소비 최적화를 위한 수요반응을 위해 에너지 사용에 대한 모니터링과 제어를 제공하는 시스템이다.

2.3 스마트분전반의 기능 요구사항

2.3.1 지능형분전반

스마트분전반은 네트워크를 통해 지능형전력량계와 지능형분전반의 각종 정보들과 전기통합관리시스템과의 상호 연결 및 통합 환경 구성을 통해 안정적인 전기안전 구축과 효율적인 전기사용을 제공한다.

지능형분전반의 분기는 부하사용에 따라 다양하게 구성될 수 있으므로 이에 대응할 수 있도록 구성하고, 각각의 분전반 제어 보드는 차단기, 아크정보 등 다양한 정보를 서버로 전송하여 관리할 수 있도록 구성한다. 분전반 정보는 서버로 전송되며 분전반 내부에서 발생할 수 있는 CO가스 검출과 같은 전기화재에 대비한 화재징후 정보와 진동, 침수, 연기, 온도와 같은 외부 환경 등의 정보를 수집하여 서버로 전송하도록 한다.

지능형분전반의 기본 측정 요소는 각 분기별 전류 Level 검출 및 모니터링, 분전반 입력부 전압 Level 검출 및 모니터링, Main 차단기 전력량 계측 및 모니터링, 분기 차단기 아크 검출 및 외부 트립, 차단기 ON/OFF 상태 감시, 각 분기 누전 차단기 누설 전류 검출 및 모니터링, 서버 전송을 위한 무선 통신 기능 구현 등이며 지능형분전반 제어보드의 주요기능 및 내용은 표 1과 같다.

표 1 지능형분전반 제어보드의 주요기능 및 내용

Table 1 Main function of control board in smart control panel

구분	기능명칭	주요내용
기본 기능	전류 Level 검출	과전류 발생 경보 및 차단기 차단
	누설 전류 Level 검출	누전 발생 경보 및 차단기 차단
	전력 및 전력량 계산	메인 전원의 전력 및 전력량 계산
	상태 표시 및 설정	분전반의 각종 정보 모니터링 및 주요 정보 설정 기능
	유무선 통신	유무선 통신을 이용하여 서버로 정보 전송
감시 기능	과전류 경보	각 분기별 과전류 경보
	누설전류 경보	각 분기별 누설전류 경보
	차단기 상태 정보	각 분기별 차단기 ON/OFF 상태
	아크 검출 및 경보	각 분기별 아크 발생 여부

2.3.2 지능형전력량계

지능형전력량계는 사용되는 환경에서 전기적인 양에 대해 전력량, 전력, 역률 등의 항목을 계량 및 계측할 수 있어야 한다. 전력량은 유효, 무효 및 피상 전력량을 계량할 수 있어야 한다. 그리고 계측 시간 동안의 유효전력, 무효전력 및 피상전력에 대해 계측한 값에 대한 평균값을 표시할 수 있어야 한다. 또한 계측 시간 동안의 역률에 대해서도 계측한 값에 대한 평균값을 표시할 수 있어야 한다[7].

지능형전력량계는 서버와 양방향 통신을 통해 검침항목에 대한 정보를 송수신할 수 있어야 하며, 서버에서 검침항목에 대한 정보를 요청할 경우 지능형전력량계는 그에 따른 정보를 송신할 수 있는 장치가 지능형전력량계 내부 혹은 외부에 연결되어 있어야 한다. 그리고 지능형전력량계는 부하개폐제어회로를 구성하여야 하며, 서버에 의해 부하의 ON/OFF를 실행할 수 있어야 한다.

2.3.3 전기통합관리시스템

전기통합관리시스템은 실시간으로 지능형 전기설비로부터 수집되는 전기공급 상태 및 사용정보를 모니터링하고 분석하여 전기로 인한 재해가 발생하기 전에 사고 징후를 통보 및 제어를 할 수 있어야 한다. 전기통합관리시스템은 지능형 전기설비를 활용하여 웹 기반의 공간정보와 결합한 실시간 통합관제 시스템, 다수의 전기설비 정보의 처리, 관제시스템 자동 백업 구축, 현장 관리 시스템 구축, 이동형 단말기로의 관제정보 송신, 이동형 단말기에서의 관제정보 조회 및 현장관리 정보 입력, 정보의 통계화 및 리포팅, 트렌드 분석이 가능한 수준의 차트와 리포팅 통계 분석 자료제공 등을 스마트분전반을 설치, 유지 관리하는 수용가에 제공할 수도 있다.

그리고 에너지 서비스에 대한 제어 및 관리 기능을 제공하는 장치로서는 홈게이트웨이, 홈서버, 월패드, IHD 및 통합관리 서버 등이 활용될 수 있다.

2.3.4 시스템 연계장치

연계 장치는 스마트분전반의 구성방식에 따라 디스플레이 장치가 내장된 형태의 일체형 단말 장치의 형태, 또는 별도의 장치와 연계를 통해 연결되는 분리형 단말 장치의 형태로 구성될 수

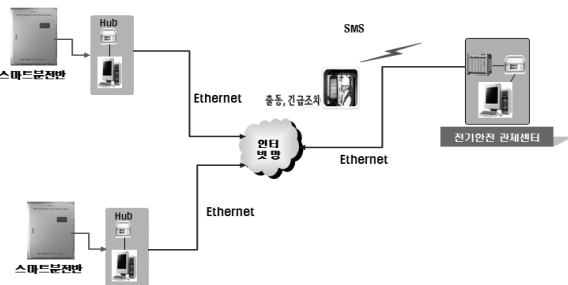


그림 2 스마트분전반의 디스플레이 일체형 예시도
Fig. 2 Example for display of smart distribution board

있으며, 각각의 장치별 물리적 적용표준은 국가표준, 국제표준 또는 단체 표준에 따라 규정된다.

2.4 스마트분전반의 통신

스마트분전반은 전력 사업자로부터의 전력 정보 연계 및 외부 시스템과의 연동을 위하여 유틸리티 연계 장치(ESI), 지능형전력량계 등이 사용될 수 있고, 계량 및 제어 기능을 제공하기 위하여 통신 정보 모델과 통신 네트워크 기능이 제공되는 통신 수단을 가져야 하며 통신 장치가 사용하는 전력은 서비스 사업자의 송전 계통에서 공급되어야 한다. 그리고 통신 장치의 속도 및 물리계층에 대한 특성은 서비스 제공자의 요구사항에 따른다.

스마트분전반의 통신 네트워크를 위한 기능은 유선 및 무선 네트워크 기술이 활용될 수 있으며, 유선 네트워크로는 이더넷, 전력선 통신, RS485가 대표적이며, 무선 네트워크 기술로는 802.11 WiFi, IEEE 802.15.4 기반의 개인 무선 통신망 기술이 활용될 수 있다. 스마트분전반의 통신 구성 예시는 그림 2와 같다.

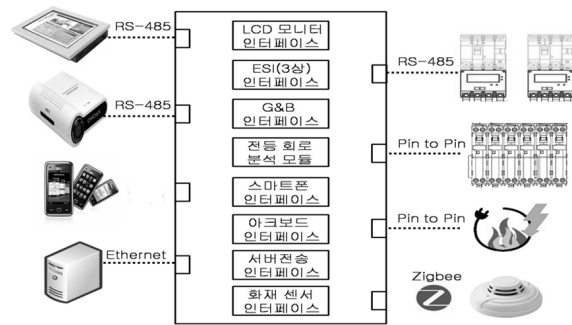


그림 3 스마트분전반의 통신 구성 예시도
Fig. 3 Example for communication of smart distribution board

스마트분전반의 통신 및 네트워크 기능은 다양한 프로토콜이 활용될 수 있고, 해당 통신 네트워크 기술들은 스마트분전반에서 제공되는 에너지 서비스 및 응용 기능에서 요구하는 조건을 만족할 수 있도록 통신 품질(QoS, Quality of Service)을 포함한 네트워크 성능 요구 사항을 만족하도록 한다. 그리고 스마트분전반에서 사용되는 네트워크 프로토콜은 인터넷 서비스를 통하여 유틸리티 또는 에너지 서비스 사업자와 연동할 수 있도록 보안성을 갖는 통신 기능을 제공함으로써 신뢰성을 확보할 수 있어야 한다. 애플리케이션 및 프레젠테이션 계층상의 프로토콜은 개방형 표준을 적용해야 하며, 하위의 프로토콜은 서비스 제공자의 요구사항에 따른다. 외부와의 통신을 위해 적정 개수의 인터페이스를 보유해야 하며, 인터페이스의 종류와 개수는 서비스 제공자의 요구사항에 따른다.

2.5 스마트분전반의 보안

스마트분전반은 통신 기능을 통해 에너지 단말장치들의 에너지 소비량 모니터링 및 원격 제어 기능을 제공하므로 안전한 구

축 및 운영을 위해서는 인증 및 데이터 보안 기능이 요구된다. 그러므로 스마트분전반은 모든 통신이 인가되지 않은 도청 및 위·변조로부터 안전하게 보호받기 위해서는 보안 요구사항을 만족하기를 권고한다. 인증은 통신 상대의 신원을 확인하는 절차로 통신 데이터의 변조·위조·유출, 기기 및 컴퓨팅 장치의 네트워크 부당 접속, 행위의 부인을 방지하기 위한 데이터 보안 서비스를 제공하기 위해 통신 개체 간에 요구되는 보안 기능이다. 데이터 보안 서비스에는 전송 데이터의 변조 및 위조를 방지하고 네트워크 부당 접속을 차단하기 위한 데이터 무결성 기능이 있으며, 공격자들이 유무선 통신 경로 상에서 전달되는 에너지 데이터들로부터 사이버 공격 수행을 위한 네트워크 및 기기 구성 정보 등을 파악할 수 없도록 데이터 유출을 방지하는 데이터 기밀성 기능이 있다.

그리하여 스마트분전반에 저장되는 데이터는 보호되어야 하며 네트워크 통신을 통한 안전한 데이터 전송을 하여야 한다. 스마트분전반의 인증 및 식별도 필요하며 권한이 없는 사용자의 스마트분전반에 저장된 중요 데이터 접근을 통제하여야 하므로 접근 및 권한제어 기능도 요구된다. 공격자로부터 관리 시스템을 보호하기 위해 각 장치에 대한 상호인증 기능을 권고하며, 인증된 시스템 및 장치만이 시스템에 접근할 수 있도록 다음과 같은 보안 대책을 강구하여야 한다.

지능형분전반 등의 단말장치로부터 관리자 또는 관리 서버 등으로 송·수신되는 정보들의 유출 및 위·변조를 방지하여야 하며 스마트분전반의 에너지관리서버나 에너지정보 표시 장치 등에서 에너지 소비, 저장, 생산에 대한 제어 및 관리 서비스를 제공하는데 있어서 에너지 기기들의 자원 및 사생활 보호를 위해 인가된 관리자, 기기, 프로세스만이 접근할 수 있도록 접근 및 권한제어 기능을 제공해야 한다.

전기통합관리시스템으로 접근하는 외부 시스템 및 기기에 대해 상호인증 기능을 제공하며, 인증된 시스템 및 기기만이 전기통합관리시스템에 접근할 수 있도록 해야 하며 전기통합관리시스템으로 전송되는 정보들을 위·변조 위협으로부터 보호하기 위한 보안 기능을 제공하여야 한다.

3. 결 론

본 논문에서는 증가하는 전기에너지 사용에 따른 전기안전에 대한 위협요소의 증가로 스마트그리드 체제하에서 현재 분전반을 대신하여 전기재해 예방을 위한 새로운 전기설비 전기안전관리 방안이 될 스마트분전반의 표준안을 제시하였다. 전류, 전압, 전력, 역률 등의 전기정보와 과전류, 누설전류, 아크 등 전기안전 상태에 대한 위협요소까지 감시하며 서버와 통신할 수 있는 스마트분전반을 이용하면 실시간 감시와 데이터 분석을 통해 재해예방에 도움이 될 수 있다. 그리하여 스마트분전반의 상호 운영과 신뢰성 확보 및 안정적 운영을 위해서는 지능형분전반, 지능형전력량계, 전기통합관리시스템, 시스템 연계장치로 스마트분전반이 구성되어지고 각 구성 장치에 대한 기능 요구사항이 필요하며 데이터 송수신을 위한 통신과 인증 및 데이터 보안 요구사항이 필

요하다고 제시하였다.

추후 본 자료를 근거로 전기안전을 위한 스마트분전반의 표준이 제정되면 새로운 전기안전관리 방안을 위한 전기설비의 점검 및 검사, 정책 및 제도 등 많은 요소들이 고려되어 세부적인 계획의 수립과 시행도 요구된다.

감사의 글

본 연구는 2015년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술연구원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (No. 20151210000050)

References

- [1] KESCO, "A Statistical Analysis on the Electrical Accident 2014", 2015
- [2] Young-Bae Lim, Jeong-Chay Jeon, Chan-Eom Park, Seok-Myeong Bae, "Development of Arc-Fault Detection Technique", Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol.10, No.8, pp.1810-1816, 2009
- [3] KESCO, "Plan Making to Ensure Safety of Client Electrical Installations in Smart Grid System", 2010
- [4] KIET, "Introduction of Smart Grid for the implementation of Green Growth", 2009
- [5] Ministry of Knowledge Economy, "The National Roadmap for Smart Grid", 2010
- [6] KSGA, "The Technical Report for Smart Grid AMI", 2012
- [7] KS C IEC 1231-1, "The Smart Meter-Part1: Function requirements", 2011

저 자 소 개



문 현 욱 (Hyun-Wook Moon)

1975년 2월 14일생. 2000년 8월 경북대학교 전자전기공학부 졸업. 2004년 University of Florida, Electrical & Computer Engineering 졸업(석사). 2006년~현재 한국전기안전공사 전기안전연구원 주임연구원
Tel : 063-716-2832
Fax : 063-716-9661
E-mail : hwmoon@kesco.or.kr



임 용 배 (Young-Bea Lim)

1967년 11월 16일생. 1994년 2월 원광대학교 전기공학과 졸업. 1998년 8월 홍익대학교 전기제어공학과 졸업(석사). 2007년 2월 홍익대학교 전기정보제어공학과 졸업(박사). 1996년~현재 한국전기안전공사 전기안전연구원 책임연구원

Tel : 063-716-2870

E-mail : tree@kesco.or.kr



김 동 우 (Dong-Woo Kim)

1972년 3월 20일생. 1996년 2월 인하대학교 전기공학과 졸업. 1998년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2001년~현재 한국전기안전공사 전기안전연구원 선임연구원

Tel : 063-716-2872

E-mail : kdwtk98@naver.com



이 상 익 (Sang-Ick Lee)

1968년 12월 9일생. 1994년 2월 호서대학교 전기공학과 졸업. 1996년 2월 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2007년 8월 건국대학교 전기공학과 졸업(박사). 1996년~현재 한국전기안전공사 전기안전연구원 선임연구원

Tel : 063-716-2871

E-mail : sangickl@kesco.or.kr



최 명 일 (Myeong-II Choi)

1975년 5월 30일생. 2002년 창원대학교 전기공학과 졸업. 2004년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2014년 숭실대학교 대학원 전기공학과 졸업(박사). 2003년~현재 한국전기안전공사 전기안전연구원 선임연구원

Tel : 063-716-2341

E-mail : ken2003@kesco.or.kr