

분산전원 연계용 데이터처리장치(FEP)의 설계 및 구현

이성우[†], 하복남, 서인용

한국전력공사 전력연구원

(2009년 6월 3일 접수, 2009년 10월 9일 수정, 2009년 10월 14일 채택)

Design and Implementation of FEP for Interfacing of Distributed Power Generation

Sung Woo Lee[†], Bok Nam Ha, In-Yong Seo

KEPCO, Korea Electric Research Institute

(Received 3 June 2009, Revised 9 October 2009, Accepted 14 October 2009)

요 약

신 재생에너지를 비롯하여 분산전원의 사용이 매년 증가하고 있다. 분산전원의 그 특성에 의해 배전계통 및 수용가에 근접하여 위치하며 단독운전 또는 배전계통 망에 연계하여 운영될 수 있다. 만약 분산전원이 배전계통에 연계되어 운영될 경우 현재의 배전계통 운영방식과는 다르기 때문에 효율적인 분산전원의 관리 및 안정적인 배전계통을 운영하기 위해서는 분산전원의 연계에 대한 기준 및 새로운 계통운영지침 등이 재정립되어야 할 것이다. 본 논문에서는 향후 분산전원이 배전계통에 연계되어 운전될 때 분산전원의 상태를 감시 및 제어 또는 관리하기 위해서 국제 표준 프로토콜인 IEC-60870으로 분산전원 연계용 FEP(Front-End Processor, FEP)을 설계하였다. 설계한 사항을 검증하기 위하여 분산전원 상위 시스템인 주장치와 하위 시스템인 분산전원 연계용 RTU(Remote Terminal Unit, RTU)를 가지고 시험을 실시하였다. 그 결과 정상적인 데이터를 상위 시스템에서 확인을 통하여 입증하였다.

주요어 : 분산전원, FEP, 프로토콜, HMI, IEC-60870

Abstract— Demand for distributed source by new and renewable energy has been gradually increasing recently. For the characteristics of distributed generation, distributed source is located near the distribution system and customers' buildings and can be operated in standalone mode or in interface mode with distribution system. When the distributed sources are interfaced with distribution system, the standard for interfacing distributed source with existing distribution system and operation manual should be updated with revisions in order to manage the distributed source effectively and operate the distribution system stably because how to operate the interfaced system is different from that of existing distribution system. In this paper, the FEP(Front End Processor) using the international standard protocol IEC-60870 for interfacing with distributed resources was designed. The designed system was verified via the test result using main control system for distributed generation and RTU(Remote Terminal Unit) for interface with distributed power generating.

Key words : Distributed Power Generation, FEP, Protocol, HMI, IEC-60870

1. 서 론

1-1. 배경

전 세계적인 추세로 볼 때 다양한 신 재생에너지를 비롯하여 분산전원의 사용이 매년 증가하고 있다. 따라서, 정부에서도 국가차원의 녹색성장에 따른 신재생에너지

[†]To whom correspondence should be addressed
KEPCO, Korea Electric Research Institute,
Daejeon 305-380, Korea
E-mail : swlee@kepri.re.kr

의 확대보급 활성화 방안에 따라 지자체와 발전사업자 등의 분산전원 도입계획을 추진하고 있다. 그러나, 아직 국내에는 대용량 분산전원의 계통연계에 대한 기술기준 및 체계적인 선로운영 기술기준이 미흡하여 앞으로 발전사업자와 전력회사 간에 이해가 상충될 가능성이 많은 실정이다.

다양한 형태의 분산전원이 대용량으로 배전계통의 많은 지점에 연계되기 전에, 이에 대한 기준을 재정비하고 능동적인 분산전원의 확대방안을 정립하여, 선로를 운영하고 있는 전기사업자나 분산전원의 보급에 앞장서고 있는 정부에서도 보다 효율적인 업무의 협조체제가 이루어질 것이 예상된다. 분산전원은 배전계통 및 수용가에 근접하여 위치하며, 단독운전 또는 배전계통 망에 연계하여 운영될 수 있다. 만약 분산전원이 배전계통에 연계되어 운영될 경우 현재의 배전계통 운영방식과는 다르다. 이 때문에 효율적인 분산전원의 관리 및 안정적인 배전계통을 운영하기 위해서는 분산전원의 연계에 대한 기준 및 새로운 계통운영지침 등이 재정립되어야 할 것이다⁽¹⁻⁴⁾. 오늘날 도교의정서 등 환경문제의 대두는 기존의 발전방식에도 많은 변화를 가져올 것이다. 이산화탄소의 배출량을 줄이기 위해 청정에너지원으로 주목받고 있는 태양열, 태양광, 풍력, 연료전지 등의 신 재생에너지에 대한 연구가 전 세계적으로 활발히 진행 중에 있다. 우리나라 역시 신 재생에너지 정책 사업을 통해 2011년까지 국내 총 에너지 사용량의 5%를 대체 에너지로 공급한다는 시나리오를 전제로 신 재생에너지의 기술 개발이 이루어지고 있으며, 향후 3~4년 내에 이의 보급과 시장 창출이 활발히 전개 될 것으로 예상된다. 따라서 향후 배전계통에 분산전원이 연계되어 운영될 가능성이 크다⁽⁵⁾.

다수의 분산형 전원을 배전계통에 접속하여, 고품질, 고 신뢰도의 전력을 수용가에게 공급하기 위해 종래의 배전계통운영 시스템을 고기능화 지능형 배전계통 운영 시스템으로 개발/구축하는 것이 필요하다. 차세대의 배전계통은 다양한 전력공급설비인 분산전원을 갖고 일정 구역에서 전기 판매를 하는 구역전기사업자들로 구성될 것이며, 또한, 신 배전계통(SmartGrid)이 등장하여 운영될 것으로 예측된다⁽⁶⁻⁸⁾.

다양한 분산전원이 배전계통에 연계되어 운전될 때 전기사업자가 분산전원의 상태를 관리(즉 감시 및 제어)할 필요가 있다. 즉, 분산전원의 설비가 가진 다양한 정보를 상위 시스템인 배전지능화 주장치가 분석하기 위하여 연계 장치인 FEP의 개발이 불가피하다. 따라서, 본 논문에서는 분산전원의 정보를 취득하기 위하여 연계용 FEP(Front End Processor)을 설계 및 구현을 하였다. 이를 검증하기 위해서 하위 시스템인 분산전원 RTU(Remote Terminal Unit)와 상위 시스템인 HMI(Human, Machine Interface,

HMI)간에 통신시험을 실시하였다. 그 결과 아날로그 신호인 계측데이터와 디지털신호인 상태값이 상위 시스템에 정상적으로 올라오는 것을 HMI 통하여 확인하였다. 본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. 분산전원이 배전계통에 연계되었을 때 계통연계 기준을 제시하고, 연계 운영시스템 구성에 대해서 소개한다. 2장에서는 분산전원과 상위 시스템인 배전지능화 시스템간 연계에 필요한 통신장치로 분산전원용 FEP의 설계와 구현을 한다. 3장에서는 이를 검증하기 위하여 통신 시험한 내용과 결과에 대해서 논의 한다. 4장에서는 연구의 결과를 요약하고 향후 연구 분야에 대하여 서술한다.

1-2. 분산전원 계통연계 기준

- 전기방식 : 분산형 전원 발전설비의 전기방식은 연계하고자 하는 계통의 전기방식과 동일하여야 한다.
- 공급전압 안정성 유지 : 분산형 전원 발전설비는 연계하고자 하는 지점의 계통전압을 능동적으로 조정하여서는 안 된다.
- 계통접지 : 분산형 전원 발전설비의 계통접지는 계통에 연결되어 있는 설비의 정격을 초과하는 과전압을 발생시켜서는 안 되며, 또한 계통의 접지고장 보호협조를 방해해서는 안된다.
- 동기화 : 분산형 전원 발전설비는 연계하고자 하는 지점의 계통전압이 ±4% 이상 변동되지 않도록 계통에 연계하여야 한다. 분산형 전원 발전설비의 계통연계 병렬장치를 투입하는 순간, 분산형 전원 발전설비와 연계하고자 하는 계통사이의 주요 제한 변수가 다음 표값 이하이어야 한다. 만일 주요 3개의 제한 변수 중 어느 하나라도 초과하면 분산형 전원 발전설비의 계통 병렬장치를 투입하여서는 안 된다.

발전용량 합계 (kVA)	주파수 차 (Δf, Hz)	전압 차 (ΔV, %)	위상각 차 (ΔΦ, °)
0~500	0.3	10	20
500~1,500	0.2	5	15
1,500~10,000	0.1	3	10

- 가압되어 있지 않은 계통에서의 연계금지 : 계통이 가압되어 있지 않을 때에는 분산형 전원 발전설비를 계통에 연계시켜서는 안 된다.
- 측정 감시 : 한 사업장의 분산형 전원 발전설비의 용량 합계가 250kVA 이상일 경우 연계지점의 연결 상태, 유효전력, 무효전력과 전압을 측정하고 감시할 수 있어야 한다.
- 분리 장치 : 계통 운영상 필요할 경우 쉽게 접근하고 잠금장치가 가능하며 육안 식별이 가능한 분리장치를

분산형 전원 발전설비와 계통연계 지점사이에 설치하여야 한다.

- 계통연계 시스템의 건전성
 - 전자장 장애로부터 보호 : 계통연계시스템은 계통운영상 전력계통에 나타나는 EMI 전자장 장애환경에 견딜 수 있어야 하며, EMI 영향으로 인하여 계통연계시스템이 오동작해서는 안된다.
 - 서지 보호기능 : 계통연계시스템은 계통운영 상 계통에 나타나는 서지환경에 견딜 수 있어야 한다.
- 계통 이상 시 분산형 전원 발전설비 분리
 - 계통 고장, 또는 작업시 역충전 방지 : 고장이나 작업 등으로 인하여 계통이 가압되어 있지 않을 경우, 즉시 계통에서 분산형 전원 발전설비를 분리시켜야 한다.
 - 전력계통 재폐로 협조 : 계통에서 고장이 발생할 경우 분산형 전원 발전설비는 즉시 계통에서 분리하여 계통의 재폐로에 지장이 없어야 한다.
 - 전압 : 계통에서 비정상 전압상태가 발생할 경우 다음 표의 시간 이내에 분산형 전원 발전설비를 전력계통으로부터 분리시켜야 한다.

전압 범위 (기준전압에 대한 비율 %)	고장 제거 시간 (초)
V < 50	0.16
50 ≤ V ≤ 110	2.00
110 < V < 120	2.00
V ≥ 120	0.16

- 계통 재 병입 : 계통에서 이상이 발생하여 전력계통을 정상으로 복구한 후, 전력계통의 전압과 주파수가 정상상태로 5분간 유지되지 않는 한 분산형 전원 발전 설비를 다시 계통에 연결하여서는 안 된다.
- 전기품질
 - 직류전류 계통유입 한계 : 분산형 전원 발전설비는 전력계통 연계지점에서, 발전기용량 정격 최대전류의 0.5% 이상인 직류 전류를 전력계통으로 유입하여서는 안 된다.
 - 역률 : 분산형 전원 발전설비의 역률은 계통 연계지점에서 원칙적으로 90% 이상으로 유지한다.
 - 플리커 : 분산형 전원 발전설비의 빈번한 출력변동 및 병렬분리에 의한 플리커 가혹도 지수는 특고압 계통 연계지점에서 단시간(10분) E_{psti}는 0.35 이하로, 장시간(2시간) E_{plti}는 0.25 이하로 제한하여야 하며, 저압 계통 연계는 이에 준한다.

$E_{psti} \leq 0.35$ (단시간 : 10분)
 $E_{plti} \leq 0.25$ (장시간 : 2시간)

- 고조파 전류 : 분산형 전원 발전설비로부터 계통에 유입되는 고조파 전류는 10분 평균한 40차까지의 종합 전류 왜형률이 5%를 초과하지 않도록 각 차수별로 제어하여야 한다.
- 단독운전 방지(Anti-Islanding)
 - 연계된 계통의 고장이나 작업 등으로 인해 분산형 전원 발전설비가 주 간선 계통으로부터 분리되어 일부 구간의 부하에만 전력을 공급하는 단독운전(Islanding)상태가 불가피하게 발생 될 경우 분산형 전원 발전설비는 이러한 단독운전 상태를 가능한 빨리 검출하여 전력계통으로부터 분산형 전원 발전설비를 분리시켜야 하며 (최대 0.5초 이내), 0.5초 이내의 순간일지라도 단독운전으로 인하여 계통의 정상운영, 설비운전, 공공 인축 안전 등에 나쁜 영향을 미치지 않도록 보호장치를 설치하거나 전송차단장치를 구비해야 한다.
- 보호협조 원칙
 - 분산형 전원 발전설비의 고장, 또는 전력계통 고장 시 신속하게 고장을 제거하고 고장범위를 국한시키기 위하여 다음 사항을 고려한 보호협조를 실시한다.
 - 분산형 전원 발전설비의 이상 및 고장으로 인한 영향이 연계 계통으로 파급되지 않도록 해당 계통과 신속히 분리한다.
 - 분산형 전원 발·변전설비의 보호도면과 제어도면은 사전에 반드시 전기사업자와 협의해야 한다.

1-3. 분산전원 연계 운용 시스템 구성

분산전원의 에너지원은 크게 회전기 타입(Rotating-type Generator)과 정적인 타입 (Static-type Generator)으로 나뉘며 회전기 타입에는 AC 전력을 발전하는 유도기, 동기기 등을 사용하는 풍력발전이 속하고 정적인 타입에는 DC 전력을 발전하는 태양광발전 및 연료전지가 속한다. 이들 발전기는 계통에 연계되기 위해 인버터, 컨버터 등의 전력변환 설비를 거쳐야 하며 계통에 미치는 영향을 최소화하기 위해 출력 전압, 전류를 계통 연계 기준에 맞게 제어되어야 한다. 그림 1은 대표적인 분산전원 발전 설비들이 배전계통에 연계되어 운용되는 시스템 구성을

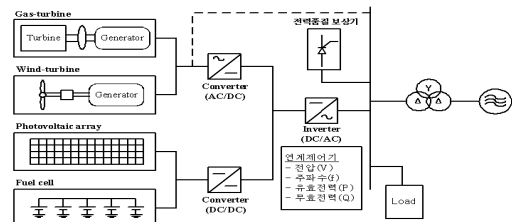


Fig. 1. Concept diagram interfaced in the distribution system a variety distribution generation.

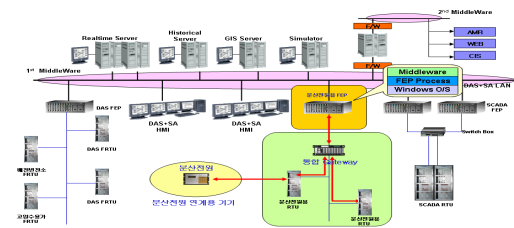


Fig. 2. Interface operation system of distribution generation.

간단히 보인 것이다. 그림 1과 같은 분산전원 운용 시스템을 개발하기 위해서는 분산전원을 계통연계 운용하는 기술과 그에 따른 계통 보호기술 및 전기품질 향상 기술에 대한 연구가 필요할 것이며, 설비기준 및 시험기준을 정립할 필요가 있다.

그림 2와 같이 분산전원 연계용 시스템은 분산전원 운영 시스템과 배전지능화 시스템 간의 데이터를 전달하기 위한 장치이다. 즉, 분산전원 설비로부터 데이터를 취득하고, 전송하기 위한 분산전원용 RTU와 배전지능화 주장치에 데이터를 전달하기 위한 데이터 처리 장치 FEP으로 구성된다. 본 논문에서는 분산전원 연계용 FEP에 대해서만 논하고자 한다.

분산전원 연계용 FEP의 구성은 배전지능화 시스템의 실시간 데이터 처리를 위하여 배전지능화 시스템에서 사용하고 있는 통합 플랫폼인 미들웨어와의 원활한 인터페이스가 되어야 한다. 또한 분산전원 설비의 신설로 인한 연계해야할 포인트 수가 증가할 경우 이를 효율적으로 수용할 수 있는 시스템을 가져야 할 것이다. 배전지능화 시스템과 연계될 가능성이 있는 시스템들과의 효율적인 인터페이스에 대해서도 고려하여야 할 것이다.

2. 분산전원 연계용 FEP 설계 및 구현

분산전원 연계용 데이터 처리장치(FEP)는 상위 배전지능화 시스템 서버와 연계 되어, 분산전원 시스템의 정보를 송수신 하는 장치이다. 즉, 분산전원용 RTU로부터 취득한 실시간 데이터 및 각종 경보, 상황 데이터를 데이터베이스에 저장하고, 배전지능화 서버에서 요구하는 제어명령을 분산전원용 RTU에 전달한다. FEP는 배전지능화 서버의 통신부하를 분담하기 위하여 시스템 내의 모든 노드들과 이중 LAN 장치를 통하여 연계되어 있다. 분산전원용 FEP는 모듈 형태로 쉽게 확장이 가능하여야 하며, 시스템 상에 수행될 수 있는 FEP의 수에는 제한이 없어야 한다. 다양한 분산전원이 배전계통에 연계되어 운전될 때 전기사업자가 분산전원의 상태를 관리(즉 감시 및 제어)할 필요가 있다. 따라서, 본 논문에서는 분산전원의 정보를 취득하기 위하여 국제적 표준 프로토콜인

IEC-60870 FEP-Program, 메시지 구조, FEP 프로세스, 통신 프로토콜 드라이버에 대해 설계와 구현을 하였다.

2-1. FEP 기능 정의

분산전원 운용 시스템과 배전지능화 서버간의 데이터를 송수신하는 분산전원 연계용 FEP 기능을 살펴보면 다음과 같다.

- 서버 접속기능
데이터 취득 처리장치 자신의 프로세스 시작 시, 배전지능화 실시간 서버에게 자신이 초기화 상태임을 전송하여 데이터 취득 처리장치에 관계된 입출력 데이터베이스 및 시스템 정보, 각종 제어용 데이터베이스 들을 수신할 수 있는 초기화 과정을 담당한다. 또한 이러한 초기화 과정은 데이터 취득 처리장치에 저장되어있는 Booting 프로그램 및 데이터베이스를 이용하여 단시간에 배전지능화 실시간 서버에 접속된다.
- 데이터베이스 DOWNLOAD기능
데이터 취득 처리장치의 초기화 상태 시, 배전지능화 시스템 실시간 서버로부터 데이터 취득 처리장치로 입출력 데이터베이스 및 시스템 정보, 각종 제어용 데이터베이스를 DOWNLOAD 한다.
배전지능화 실시간 서버는 데이터 취득 처리장치가 온라인 상태로 운영 중에도 데이터베이스 DOWNLOAD 기능을 수행한다. 또한 DOWNLOAD 후 프로세스의 재가동 없이 운용이 가능하다.
- 계측데이터 취득 및 출력 기능
분산전원 연계 RTU의 데이터베이스를 이용하여 현장 계측데이터의 취득을 수행하고, 해당 입력 포인트 데이터베이스 별로 데이터 엔지니어링 및 응용 프로그램을 수행한다. 또한 해당 출력 포인트 데이터베이스별로 분산전원 연계 RTU의 출력 장치에 출력 데이터를 전송한다.
- 실시간데이터 관리기능
배전지능화 실시간 서버로부터 데이터 취득 처리장치 운용 중에 받은 Channel Data 및 시스템 운용 중 수신한 그래픽 화면 포인트의 실시간 데이터를 관리한다.
- 경보데이터 처리 기능
데이터 포인트가 있는 데이터베이스 내에 설정된 각종 경보치에 따라 경보 상황이 발생된 포인트를 배전지능화 실시간 서버로 전송하는 것을 담당한다. 또한, 현장 입력 데이터의 오류나 응용프로그램 수행시의 입출력 데이터의 상태를 전송하는 기능을 담당한다.
- 이벤트 처리기능
실시간 데이터 전송을 위하여 데이터베이스에 등록된 여러 포인트들의 데이터 변화 유무 및 데이터 품질 상

태 등을 점검한 후, 변화된 데이터들을 배전지능화 실시간 서버로 전송하는 기능을 수행한다.

• 통신 관리기능

데이터 취득 처리장치 초기화 시, 데이터 취득 처리장치에 구동 되어야 할 각종 기능별 태스크 등을 생성하거나 관리하는 기능을 수행하며, 데이터 취득 처리장치 시스템의 각종 오류 상태 및 태스크 상태 등을 전송하는 기능을 담당한다. 통신 관리기능은 통신상태의 이상 유무를 감시하고 통계적으로 정보를 배전지능화 실시간 서버에 알려주어 쉽게 확인할 수 있도록 지원하며 또한 에러가 발생한 태스크도 감시 및 관리한다.

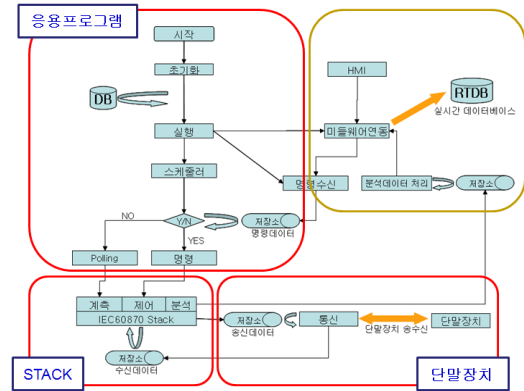


Fig. 3. IEC-60870 FEP Structure.

2-2. IEC-60870 FEP-Program

FEP의 시작 및 데이터 처리 흐름은 FEP의 초기화를 통해 실행하게 되면, 각각의 응용프로그램을 실행시켜 동작을 한다. 응용프로그램 기능은 스케줄러, 미들웨어 연동, 명령수신으로 나뉜다. 스케줄러는 명령 및 Polling을 통하여 IEC-60870 Stack을 이용하여 송신데이터 저장소에 저장하는 역할을 한다. 미들웨어 연동 프로그램은 HMI에서 전달하는 명령을 FEP의 명령수신 프로그램에 전달 및 계측된 데이터를 실시간 데이터베이스에 저장하는 역할을 한다. 명령수신 프로그램은 미들웨어 연동 프로그램에서 전달된 명령을 저장소에 명령데이터를 저장하는 역할을 한다. 단말장치로부터 수신한 데이터는 IEC-60870 Stack에서 분석하고, 분석된 데이터는 미들웨어 연동 모듈을 이용하여 실시간 데이터베이스에 저장한다. 각 모듈에 대한 설명은 다음과 같다.

• 응용프로그램

IEC-60870 FEP에서 사용하는 기능정의 및 처리(DB 연결, 미들웨어 연결, 패킷 송/수신 현황, 패킷해석 결과 등)과정을 사용자가 알 수 있도록 제공한다.

• IEC-60870 Stack

IEC-60870 FEP에서 프로토콜에 관련된 일을 처리하며 통신이 되는 송/수신 패킷을 분석하고 처리하는 작업을 수행한다.

• 단말장치 통신

광통신이나 KTS216, Serial, TCP/IP 등의 통신을 이용하여 주장치(즉 IEC-60870 FEP)와 단말장치간의 물리적인 정보를 송수신 한다.

• M/W & DB (DataBase)

연결된 M/W(MiddleWare) 값과 단말장치에서 계측된 값을 비교하여 서로 다른 값이 존재할 경우 단말장치에서 계측된 값을 미들웨어로 전송하여 사용자가 알 수 있도록 알람을 발생시킨다. 또한 IEC-60870 FEP의 초

기 실행이 올바르게 동작할 수 있도록 DB(MS-SQL)에 저장되어 있는 단말장치의 통신정보 및 개폐기 정보를 참조하여 올바른 동작을 한다. 만약 FEP와 M/W가 연결되어 있지 않거나 정확하지 않는 DB정보가 발생하였을 경우 FEP는 실행되지 않고 종료한다. 미들웨어와 응용프로그램은 단말기로부터 취득한 데이터를 상위 시스템의 데이터 포맷으로 변경 후 미들웨어에 저장(AI, BI, Counter, AO)하고, HMI로부터 전송된 명령(제어, 계측)을 미들웨어를 통해 수신하여 현장의 단말기기로 전송한다. 데이터베이스에는 단말기기의 정보(프로토콜, 단말기기 주소, 단말기기 번호)들이 저장되어 있으며, 응용 프로그램은 프로그램 초기 구동 시 데이터베이스의 정보를 읽어 어떤 단말장치와 통신 할 지 등의 정보를 읽어 들인다.

2-3. Message 구조

국제적으로 널리 사용하고 있는 산업용 프로토콜은 IEC 60870, DNP, IEC 61850 등의 규격이 있다. 본 논문에서는 IEC 60870 구조에 대해서 설명하고자 한다. IEC 60870는 International Electrotechnical Commission (IEC) Technical Committee 57이 개발한 일반적인 프로토콜 개념이다. 이것은 프로토콜 전송에 관련된 국제표준이며 오직 5개의 Section과 4개의 Companion Standard (Profile)으로 구성되어 있다. IEC 60870란 이름으로 초판이 완성 되었을 때에는 단지 낮은 대역폭을 갖는 bit 단위의 시리얼 통신만을 지원 했었지만 현재에는 TCP/IP Protocol을 사용하는 네트워크 통신을 지원하고 있다. 메시지 구조를 계층별로 설명하면 다음과 같다.

물리계층은 point-to-point 방식과 multipoint-star 방식으로 데이터를 전송한다. 데이터링크 계층에서는 FT 1.2 frame format 만을 지원하고, 가변 블록 길이 및 고정 길이 블록을 갖는 frame format 및 단일 제어 문자 'I'전송

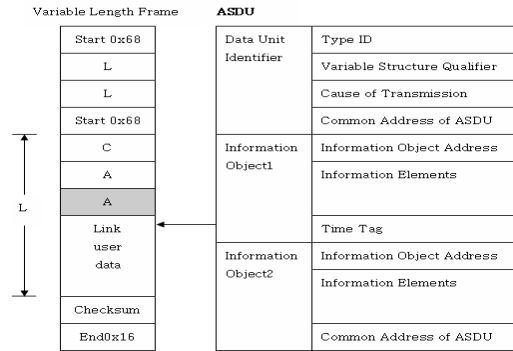


Fig. 4. Message structure have to the ASDU of IEC 60870-5-101.

을 지원한다. ASDU(Application Service Data Unit)가 전송될 때 가변 길이를 갖는 frame이 사용되어야 하며, ASDU를 전송하지 않을 경우 고정 길이를 갖는 frame 이나 단일 제어 문자를 사용한다. 가변 길이를 갖는 frame 은 최대 253 octet의 user data를 전송하는 것이 가능하다. 길이 필드 L은 두 번 반복되며 두 값은 동일해야 하고, 고정 길이를 갖는 frame은 5 혹은 6 octet이다. 주소 필드 A는 1 또는 2 octet이며 system parameter에 의해서 결정 되고, Checksum은 마지막 start octet 다음부터 checksum octet 전까지의 L 길이의 frame user data의 합으로 정의된다. 응용계층에서는 ASDU와 link layer frame 간의 중요한 포인트는 frame 당 허용되는 ASDU는 최대한 개이며, ASDU의 최대 길이는 255에서 2~3 octet(link control과 address field)을 뺀 길이와 같다. 1~ 27까지 type identification의 의미를 갖으며 나머지 128 ~255까지는 message routing을 위한 예약 영역(128 ~135)으로 이용되거나 특수한 경우를 위해 사용된다.

2-4. 분산전원 FEP 프로세스

초기 FEP가 기동되면 FEP main 프로세스는 전체 프로세스를 구동시키고 Agworks server로부터 초기 데이터베이스를 다운로드하고 메모리를 할당한다. 이후 FEP 내부 데이터베이스는 DB server 프로세스에 의해 관리된다. FEP 내부 프로세스에서 가장 중심이 되는 역할을 하는 DBUpdate 프로세스는 이벤트 및 경보를 처리하고, 동적 데이터를 갱신하며 이벤트나 로컬 DB의 정적 데이터를 관리하는 역할을 수행한다. DriveManager는 분산전원 FEP 하위단의 디바이스를 관리하고, 명령을 전송하는 기능을 수행한다. 통신에러 체크 및 통신상태 점검, 통신 드라이버를 통하여 RTU와 통신하고, 데이터를 취득하는 ClientDrive로 구성된다. 그에 대한 기능설명은 그림 5와 같다.

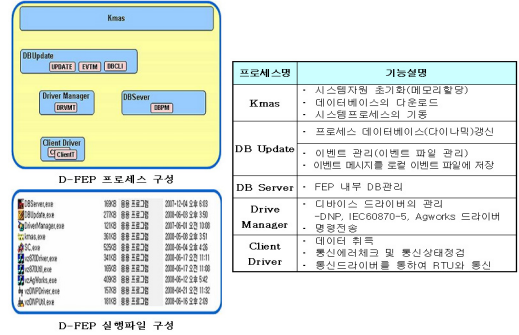


Fig. 5. FEP details processor structure used in the distribution generation.

2-5. 통신 프로토콜 드라이버 및 클래스

통신 프로토콜 드라이버는 라이브러리 영역과 응용 프로그램 영역으로 구성되어 있다. 라이브러리 부분의 역할은 IEC-60870 프로토콜 메시지를 생성 및 수집을 하고, 스케줄 관리, 데이터 분석, Object 관리(싱글 바이너리, 더블 바이너리, 파일, 아날로그)를 수행한다. 응용 프로그램 파트의 역할은 상위에서 하위 드라이버 단로의 메시지를 전달하고, 데이터 수집 후 상위 시스템 DB에 입력하고, 통신 채널별(광, 시리얼, 이더넷) 데이터를 송, 수신 처리한다. IEC 60870 프로토콜 드라이버 개발은 TriangleMicroWorks사의 IEC 60870 version 3.00.0046 라이브러리를 이용하였으며, IEC 60870 드라이버 개발에 이용된 클래스의 프로세스에 대해서는 그림 6에 표시되어 있고, 중요한 부분만 표 1에서 설명하였다.

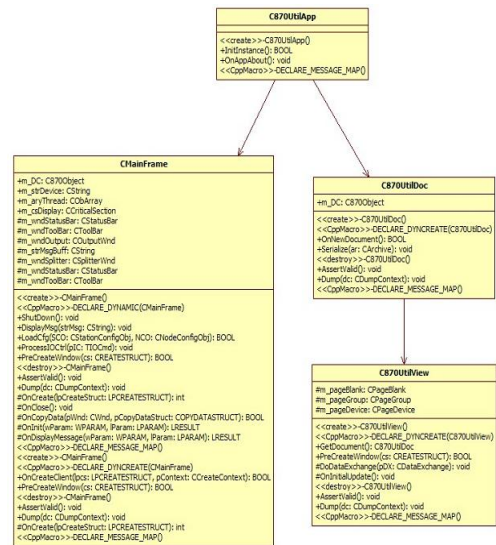


Fig. 6. IEC 60870 Protocol Driver Class Diagram.

Table 1. An explanation about each the class

• vz870Obj Base Classes	
C870Point	Device의 Point 기본 객체
C870Sector	IEC 60870에서 사용되는 Sector 정보 관리의 기본 객체
C870Device	하나의 장치 주소를 갖고 Sector와 포인트들을 관리하는 Session 기본 객체
C870Group	통신 채널 설정 및 통신 연결 등을 하는 Channel 기본 객체
C870Object	통신 채널과 디바이스 전체를 관리하는 기본 객체
• vz870Obj Master Classes	
C870CliPoint	C870Point에서 상속 받은 Master 포인트 객체
C870CliSector	C870Sector에서 상속 받은 Master의 Sector 정보 객체
C870CliDev	C870Device에서 상속 받은 Master의 Session 정보 객체
C870CliGrp	C870Group에서 상속 받은 Master의 Channel 정보 객체
• vz870Util Classes	
CPageGroup	Serial/TCP에 대한 Channel 정보를 설정하고 저장을 관리하는 객체
CPageDevice	Session Address, ASDU Size등의 Session 정보를 설정하고 포함되어있는 Sector의 정보를 저장하고 관리하는 객체
CSectorAndPointDlg	Sector의 ASDU를 설정하고 포함하는 포인트들의 정보를 저장하고 관리하는 대화상자 클래스

3. 시험 환경 구축 및 결과

분산전원용 FEP의 설계한 내용을 시험하기 위해서 통신시험 환경을 구축하고 배전지능화 주장치와 분산전원 간 통신시험을 실시하였다. 시험 결과 분산전원의 데이터 즉 전류, 전압 등 계측값과 이벤트등 상태값의 데이터가 최 상위 시스템인 배전 지능화 시스템 주장치 HMI에 분산전원용 FEP를 통하여 잘 표시됨을 확인하였으며, 또한 HMI에서 제어 명령을 분산전원 연계용 RTU가 받아 말단 차단기까지 데이터가 전달되어 정상적으로 동작하는 것을 확인하여 만족한 결과를 얻을 수 있었다.

3-1. 시험환경

통신 시험을 하기 위한 시스템 하드웨어 구성 장치는 그림 7과 같이 디지털 전력 품질 미터, 분산전원 통합 보

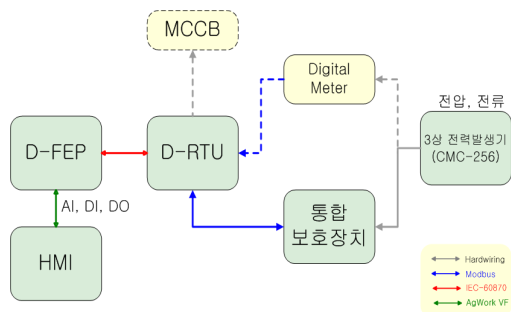


Fig. 7. Structure diagram of communication test.

호장치, 분산전원용 RTU(D-RTU), 디지털 접점 출력 확인용 보조 릴레이가 있고, 소프트웨어 구성장치는 분산전원용 FEP, 분산전원용 HMI, Protocol Test Harness(Triangle Micro-works)로 구성되어 있다. 시험을 하기 위해 3상 전력 발생기를 가지고 전압과 전류를 공급하여 각각의 시스템 노드들 간의 통신시험을 실시하였다.

3-2. 시험결과

계통의 전압, 전류 파형을 모의하기 위해 3상 전력발생기를 활용하였으며, 별도의 디지털 미터를 두어 3상 전력 발생기에서 모의되는 전압, 전류 값이 통합 보호장치에 전달되는 값과의 일치 여부를 판단하였다. MCCB를 두어 배전지능화 HMI에서 제어신호에 대한 동작여부를 확인하였으며 각각의 노드에서의 데이터 처리가 원활히 이루어지는지를 확인하였다. 표 2는 해당 포인트별 통신 시험 결과이다.

3-3. 시험확인

분산 전원 연계용 RTU는 하위 장치로부터 MODBUS-RTU 프로토콜을 사용하여 데이터를 읽어 들어온다. 읽어드린 데이터는 상위 시스템의 요구에 따라 국제 표준 프로토콜인 IEC 60870로 구현된 분산전원 연계용 FEP을 통해 상위 시스템인 주장치에서 데이터를 받게 된다. 일차적으로 하위 장치와 MODBUS 통신이 원활히 이루어지는지를 확인하고, 분산전원용 RTU에서 데이터를 정상적으로 받는지를 확인하였다. 데이터를 받은 RTU

Table 2. Communication test results

포인트 명	내 용	결 과
AI	D-FEP에서 Polling 서비스 실행시 D-RTU의 데이터를 D-FEP 메모리 상에서 갱신 여부 확인	성공
	Polling 주기 설정 후 해당 주기에 따른 데이터 갱신 여부 확인	성공
	Event 발생시 D-FEP 메모리상에서의 해당 포인트 값 의 변화 유무 확인	성공
DI	Polling 서비스를 통한 데이터 갱신 여부 확인	성공
	Event 발생시 D-FEP에서 데이터 갱신 여부 확인	성공
	DO 제어에 따른 해당 포인트 값의 변화 여부 확인	성공
DO	D-FEP에서 해당 포인트 제어명령 시 D-RTU 데이터 갱신 확인	성공
	DO 제어에 따른 이벤트 명령 발생 여부 확인	성공
	Direct mode 제어에 따른 데이터 갱신 여부 확인	성공

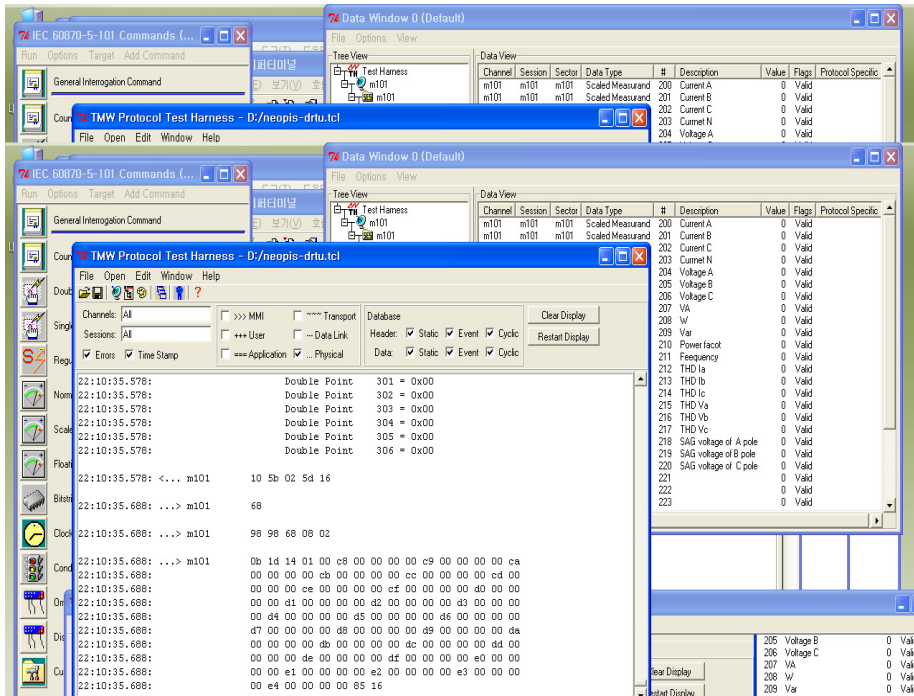


Fig. 8. IEC 60870 communication test confirmation.

는 분산전원 연계용 FEP에 전달한다. 연계용 FEP은 데이터를 배전지능화 주장치 서버에 전달하고 전달된 데이터는 분산전원용 HMI를 통하여 확인하였다. 상위 IEC 60870 통신 확인은 Triangle Microworks 사의 Protocol Test Harness를 사용하여 진행하였으며, 그 결과는 그림 8과 같이 데이터를 확인하였다.

4. 결 론

본 논문에서는 향후 분산전원이 배전계통에 연계되어

운전될 때 분산전원의 상태를 감시 및 제어 또는 관리하기 위해서 연계용 FEP을 국제 표준 규격인 IEC 60870 프로토콜로 설계하고 구현하였다. 또한 이를 검증하기 위해서 하위 시스템인 분산전원 RTU와 상위 시스템인 HMI간에 통신시험을 실시하였다. 정상적인 데이터를 상위 시스템에서 확인을 통하여 분산전원 연계용 통신 모듈인 FEP의 건전성을 입증하였다. 향후 연구 분야는 개발한 연계용 FEP을 가지고 현재 실 계통에서 운용되고 있는 태양광, 풍력, 연료전지 등 신 재생에너지 시스템과 연계하여 검증하여야 할 것이다. 또한, 분산전원의 배전

선로 연계용량 및 전압변동률 한계 설정에 관한 기술적 근거와 일반선로 연계용량, 전압변동률 등 기술기준 완화 타당성 검토 및 최적화방안에 대해서도 연구가 이루어져야 한다.

참고문헌

1. 한국전력공사 배전처 “분산형전원 배전계통 연계기술 해설서”, 2006.9.
2. 김상준 정원옥, 윤기갑, “분산전원 계통연계 실증시험 및 기술지침 수립 연구”, 한전 전력연구원, T.R05PS01 2007.2.
3. EA(Electricity Association)의 Engineering Recommendation G59/1, 1991
4. IEEE 1547, IEEE Standard for Interconnecting Distributed Resources with Electric Power Systems, 2003.
5. “분산형 전원 계통연계 기술지침” (일본), JEAG 97010 2001.
6. 이성우, 하복남, 박소영, 신창훈, “배전지능화 시스템 중앙 제어장치 개발” 1단계 최종보고서, R-2005-1-394, 2008.11. 전력연구원.
7. 이경민, 2007 “차세대 친환경 전력시스템 스마트그리드” 2007 LG Global Challenger 탐방 결과보고서 요약본, LG 산전.
8. 이성우, 하복남, “분산전원 연계운용시스템의 설계”, 대한전기학회 산하 전력 IT 연구회, 춘계학술대회 논문집 2009. 5.