

분산전원의 통신운용 기술 동향 및 전망

손 수 국*, 이 태 건**

(수원대 정보통신공학과 *조교수, **석사과정)

1. 서론

세계적으로 에너지 위기 및 지구 온난화 방지를 위해서 화석연료 발전을 대신 할 신재생 에너지(풍력, 수소에너지, 태양광, 연료전지, 조력) 발전이 필요하게 되었다. 이에 따라 신재생 에너지원을 중심으로 분산전원의 도입이 가속화 되고 있다. 분산전원의 용량이 급증하고 전기자동차 등 새로운 부하 사용패턴의 등장에 따라 배전계통의 운용 방식이 새롭게 바뀌어야 할 필요성이 생겼다.

다양한 동적 특성의 신재생 분산전원을 감시, 제어, 관리 및 연계 운전하여 계통의 안전성, 전력 품질 및 신뢰도 향상을 위한 연구개발이 진행되고 있다.

그래서 선진국에서는 정보통신 기술을 활용하여 분산전원에 대한 새로운 운용방식을 연구하고 있다. 지역적으로 분포된 전원 설비들의 제어방식, 배전선로에 역전류 등의 문제야기, 기존 보호체계와 상호 공존성 문제, 소비자와의 양방향 통신 기능, 및 자유로운 전력정보 서비스 활용 등이 연구되고 있다.

개별 분산전원장치의 제어 및 관리를 위한 통신시스템 구성과 이들 개별 전원들 간의 상호운용성(interoperability) 달성이 통신운용에서 중요하다.

분산전원의 제어 및 관리는 통신시스템과 상호연계를 다루기 때문에 산업적, 운용적, 기술적 측면에서 표준 제정을 통

한 응용이 중요하다. 각국에서 표준을 제정하려 노력하고 있지만, 현재로서는 미국을 중심으로 한 IEEE 와 유럽을 중심으로 한 IEC 에서의 분산전원의 통신운용 방식에 대한 표준화 작업이 활발히 진행되고 있다. 미국과 유럽이 서로 다른 표준을 제정하다가, 최근 들어 상호 통합 및 협력을 하고 있는 실정이다.

그림 1처럼 풍력발전의 감시 및 제어를 위한 통신에 대한 것은 IEC 61400-25, 수력 발전의 감시 및 제어를 위해서는 IEC 62344(IEC 61850-7-410), 분산전원의 통신시스템 및 통신운용 방식은 IEC 62350(IEC 61850-7-420)로 표준이 제정되어 있다. 원격검침을 위한 DLMS IEC 62056, 변전소 자동화를 위해 IEC 61850, 데이터 통신 시스템의 보안을 위해 IEC 62210(IEC 62351), 제어센터에서 SCADA, 소비자 등을 상호 연동 및 관리하기 위한 IEC 61968표준이 있다.

2007년 IEEE는 제21 표준조정위원회를 구성하여 전력계통과 연계된 분산전원 시스템에 대한 정보교환과 제어, 감시를 위한 IEEE 1547.3 표준을 제정 및 발표하였다. 특히 IEEE 1547 계열의 모든 표준들은 2005년의 미국 연방 에너지 법(U.S. Federal Energy Policy Act- 2005)에 의해 지원되고 있다.

이렇듯 분산전원 통신 운용시스템은 분야별로 또는 지역별로 다양한 표준들이 발표되어 있다.

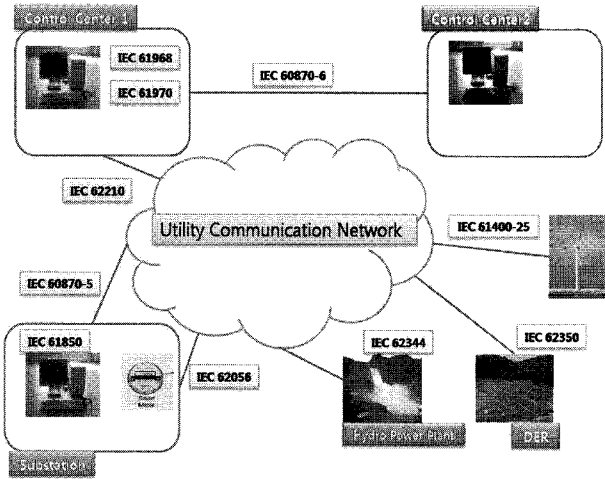


그림 1 IEC 전력계통 표준화

분산전원 통신운용 관련 표준을 제정하는 목적은 운영자와 분산전원과의 직접 통신 상호작용으로 현장의 분산전원 제어 기간에 정보의 상호 운용성을 제공하기 위함이다.

지역적으로 분산된 이들 분산전원이 운영자와 상호작용 될 수 있도록 통신 인프라의 구성, 통신방식의 결정, 제어방법, 보안, 관리 및 운용이 주요 이슈이다. 이 밖에도 정보교환을 위한 상호 인터페이스의 개념, 정보의 모델링, 정보교환 템플릿 등이 분산전원 통신 운용 방식결정에서 중요한 부분이다.

세부적으로 어떠한 기술이 연구되고 있고, 어떤 원리에 의해 통합되고 있으며, 중요 이슈가 무엇인지 기술한다.

2. 전력계통 통신시스템의 현황 및 새로운 요구사항

2.1 기존 전력계통 통신시스템 현황

현재의 전력시스템은 대용량 발전단지로부터 전기에너지를 생산하여 송전망을 통해 에너지를 수송하고 배전망을 통해 소비자에게 전기에너지를 공급하는 형식을 취하고 있다. 이러한 에너지 흐름을 전제로 전력망을 감시, 제어, 및 운용하기 위한 통신 운용시스템으로는 EMS, SCADA, DAS 등이 있다.

새로운 분산전원 환경에서 SCADA 같은 기존의 전력망 시스템으로 전력계통을 운용하도록 할 것인지, 아니면 새로운 통신 운용방식을 채택할 것인지가 중요한 이슈이다. 현재 사용할 표준체계, 네트워크 구성 및 운영 등 전혀 새로운 통신 운용방식이 연구되고 있다. 미래의 복잡하고, 변동성이 확대되며, 소비자 서비스 지원 강화 차원에서 새로운 정보통신 기술의 융합이 요구되고 있다.

2.2 배전계통 환경의 변화

배전계통 환경이 변화하고 있다. 동적 변동성이 큰 분산전원 장치들은 동기화 및 연계 운전이 필요하다. 분산전원 장치는 계통의 위상을 측정하여 동기화 시킨 후 계통에 투입된다. 개별적 전원 장치의 계통 투입이 상호 연계될 수 있도록 통신망 구성 및 정보교환 체계가 필요하다.

그리고 재생 에너지가 계통에 투입됨에 따라 여러 가지 문제가 발생할 수 있다. 가장 큰 문제는 새로운 조류 변화에 따른 정상상태에서의 계통 전압상승의 문제점이다. 이 경우 각 모선의 전압을 일정수준으로 유지하는데 어려움을 겪게 된다. 배전선로의 전압관리를 위한 무효전력 보상장치들의 통신을 통한 제어가 필요해진다.

또 다른 문제는 풍력, 태양광, 연료전지 발전에서 계통 연계에 쓰이는 전력전자기기의 고속 스위칭으로 계통에 고조파 성분을 주입시키게 되어 타 수용가에 좋지 않은 영향을 미칠 수 있다. 그리고 분산전원의 계통투입 및 차단시 과도적인 전압의 변동이 생기는 등 전력품질의 저하문제가 발생할 수 있다. 또한 플리커(Flicker) 등의 문제가 복합적으로 생길 수 있다. 이경우도 전력품질을 측정하고, 품질을 제어하기 위한 장치들의 통신을 통한 원격제어 기술의 개발이 필요하다.

또 다른 문제는 단독운전의 발생인데 이는 상위계통에서의 사고 또는 선로의 보수, 점검 작업등으로 인해 분산형 발전기가 연계계통으로부터 분리됨에도 불구하고, 분산전원의 발전량과 자체 계통 부하가 평형을 이루어 이를 인지하지 못하게 되는 경우를 말한다. 이 상태로 계속 발전하여 연계계통이 역충전 되면 선로작업자에게 치명적인 위험을 줄 수 있을 뿐 아니라, 사고 복구 후 전원이 재투입되었을 때 동기가 맞지 않아 문제가 생길 수 있다. 이러한 문제로부터 전원장치와 작업자를 보호할 수 있는 새로운 보호기술이 필요하다.

마지막 문제는 전력의 흐름에 변화이다. 전력의 흐름이 양방향으로 배전계통에 나타나므로, 각종 전기관련 계측 장비 및 센서에 대한 설계가 변경되어야 한다. 전기 흐름의 방향 변화에 대한 계전기 및 보호협조 체계의 변동이 새롭게 연구되어야 할 것이다.

이러한 문제들과 소비자 요구사항 해결은 기존의 SCADA 또는 DAS 등으로 할 수 없는 것들이다.

2.3 요구조건

미래의 분산전원 계통을 통합 운용하기 위한 신 통신운용 방식으로 유연성과 보안성이 가장 중요하게 요구되고 있다.

2.3.1 유연성

많은 전기 소비자 또는 분산 전원이 통신과 연계되어 서비스에 따라 이들을 관리하고 제어하기 위한 시스템은 매우 유연성이 있어야 한다. 하루에도 수 없이 요구사항이 변동하

고, 새로운 요구사항이 도출될 수 있다. 이러한 변동하는 다양한 요구사항들을 만족시킬 수 있는 정보시스템과 통신 인프라에 유연성을 요구한다.

먼저, 소비자 또는 분산전원과 통신선로 구성방식에 유연성이 있어야 한다. 기존의 SCADA 등의 시스템은 고정된 배선을 통한 1:1의 통신 구성방식을 사용하고 있다. 센터에서 1:1로 개별 장비로부터 데이터를 획득하고, 개별 장비를 제어하고 있다. 미래에는 개별 장비가 전력계통에 쉽게 진입, 진출을 할 수 있도록 통신 구성 및 운용 방식이 필요하다.

분산전원 통신운용 시스템에서는 개별 장치에 대한 구성설정이 plug & play 방식으로 이루어 질 수 있도록 하는 개념으로 진행되고 있다. 언제, 어느 장소에서든 편리하고 쉽게 네트워크에 접속 및 이탈이 이루어 질 수 있도록 운용방식을 연구하고 있다.

이 밖에도 양방향 통신 기능의 지원으로 신재생 전원이 계통 접속 및 이탈 시 최적의 운용이 가능하도록 한다. 각종 운용관련 정보(가격정보, 고장상태, 정기적 관리 등의 정보)가 제공되어야 한다.

2.3.2 보안성

보안이 중요한 문제로 대두되고 있는 것은 전력 부문이 더욱 더 상호 연계 되면서 사이버 공격과 사고가 점점 더 증가할 소지가 있기 때문이다. 사이버 보안은 의도적인 공격뿐 아니라 사용자 실수, 설비 고장 및 자연재해로 인한 정보 인프라의 우연한 손상 문제도 고려해야 한다. 분산전원이 증가함에 따라 전력망의 복잡성을 가중시켜 취약성을 초래할 수 있고, 또한 상호 연계된 네트워크에 따른 공통의 취약성 초래한다.

전력 공급 중단, 소프트웨어와 계통의 무결성을 손상시킬 수 있는 통신 두절과 악성 코드 생성으로 인한 취약성이 증대될 수 있다. 잠재 공격자가 악용할 수 있는 진입점과 경로 수가 증가할 수 있으며, 고객 프라이버시 침해를 포함한 데이터 기밀성 손상 가능성이 발생 할 수 있다.

이러한 다양한 보안 문제점과 요구조건을 해결하여 신뢰성 있는 서비스를 제공할 수 있도록 하여야 한다.

3. 분산전원 통신 운용 방식

3.1 인터넷 기반의 네트워크

개별 분산전원 장치들에게 어떤 방식으로 통신기능을 지원할 것인가? 현재 광통신, 이더넷, CDMA, Zigbee, 무선랜, BPL 등 다양한 기술이 존재한다. 개별 기술들은 각각 서로 다른 특징을 갖고 있으며, 서로 다른 장단점을 갖고 있다. 또한 서로 다른 네트워크를 구성하고 있다. 이렇듯 서로 다른 이종망을 연결할 수 있는 기술로 인터넷 기술을 사용할 수

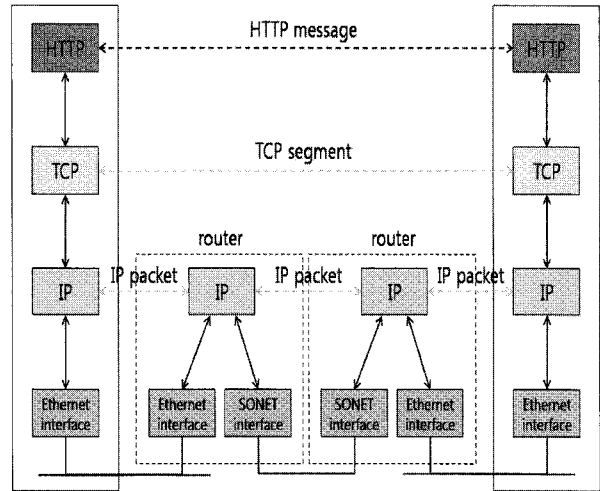


그림 2 인터넷 프로토콜

있다. 분산전원 제어 및 관리를 위한 운용 네트워크가 그림 2처럼 TCP/IP 기반의 인터넷 프로토콜 기반으로 진행되고 있다.

이종망 간의 상호운용성을 위하여 IEEE 1547 표준에서는 공개형 시스템 사용을 권고하고 있다. 이는 현재의 인터넷 기반 통신 프로토콜이 될 가능성이 매우 크다.

IP 네트워크 또는 인터넷은 라우팅, IP주소의 매핑(mapping), 장치관리 등 네트워크관리와 제어를 위한 일련의 프로토콜뿐만 아니라 IP 패킷을 사용하여 데이터 메시지를 전송하는 일련의 프로토콜로 구성되어 있다. 이 Protocol suite는 분산형 네트워크 아키텍처를 가능하게 하고, 분산형 애플리케이션이 네트워크에서 운영되게 한다.

IPv4, IPv6, TCP, UDP, TLS/SSL, IPSec 등의 인터넷 프로토콜이 전력회사 특정 네트워크에서 현재 실행되고 있으며 앞으로도 계속 그러할 것이다. 앞으로도 인터넷 프로토콜이 분산전원 및 스마트그리드 네트워크의 근간이 될 것이다.

3.2 정보교환

분산전원을 위한 정보 네트워크 내에는 다양한 제작사의 다양한 분산전원(풍력, 태양광, 연료전지 등) 제어기가 존재하게 된다. 하위 네트워크 계층에서는 Zigbee, WLAN, CDMA, BPL 등 다양한 네트워크와 AMI, AMR, 61850 변전소 등 다양한 응용시스템이 존재한다. 운영자가 이들 서로 다른 제어장치를 제어하기 위해서는 표준화된 상호 정보교환 체계가 필요하다. 정보에 대한 모델이 필요하고, 정보를 전송하기 위한 메시지, 개별 장치에서 메시지를 처리하기 위한 인터페이스가 필요하다. IEEE 1547 등의 표준에서는 그림 3처럼 데이터 모델, 교환 방식을 표준으로 정의하고 있다.

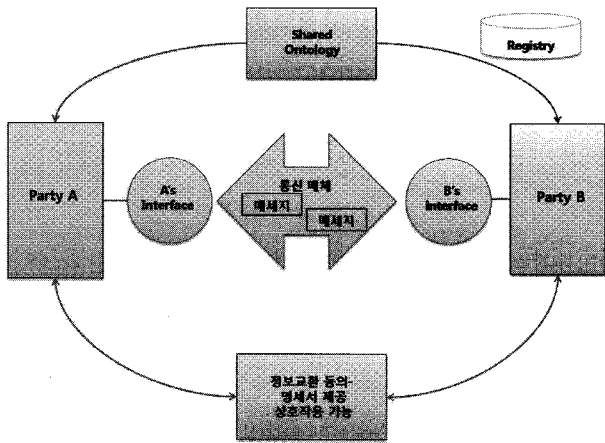


그림 3 정보교환 체계

3.3 통신제어 센터 및 운용

기존 배전계통 내의 개별 설비는 지점 또는 지사에 설치된 SCADA 또는 DAS 등을 통하여 운영되고 있다. 개별설비는 통신 네트워크를 통하여 DAS 서버 등에 연결되어 제어 및 운용된다. 하지만 단방향 통신의 제약으로 소비자 요구사항을 반영하지 못한다.

연구되고 있는 분산전원 통신 네트워크의 핵심은 양방향 통신과 분산제어이다. 중앙센터에서의 제어와 현장에서의 소비자에 의한 제어 모두가 가능하도록 하는 개념으로 연구되고 있다.

네트워크를 통하여 개별 장치에 대한 firmware 등의 업그레이드, 각종 상태 및 고장여부 판별이 중앙 센터에서 관리할 수 있도록 진행되고 있다. 소비자의 요구사항에 대한 수신 및 서비스 제공도 편리하게 네트워크를 통하여 센터에서 이루어 질 수 있도록 진행되고 있다. 분산전원 시스템들의 관리 및 제어를 중앙의 센터에서 모두 수행 할 수 있도록 진행되고 있다.

따라서 센터는 각종 장치 및 소비자들로 부터의 다양한 정보를 통합관리 하고, 전력계통의 제어 및 운영, 정보시스템 관리 등을 수행할 수 있는 핵심 장소로 변하고 있다.

그리고 모든 정보의 교환 및 집합장소인 센터는 다양한 에이전트 또는 서버가 운용되게 된다. 현재 정보를 어떻게 처리하고, 어떤 서버가 필요하게 될지에 대하여 연구가 되고 있다.

그림 4는 센터의 서버를 위한 플랫폼과 전력회사의 정보통신망 개념을 보여주고 있다.

3.4 성능

통신 네트워크가 가져야할 성능으로는 다양한 우선순위의 통신, 다양한 특성의 데이터의 수용(지연시간, 지터 및 손실률), 다양한 소비자 장치 및 전력기기들의 연결이 가능해야

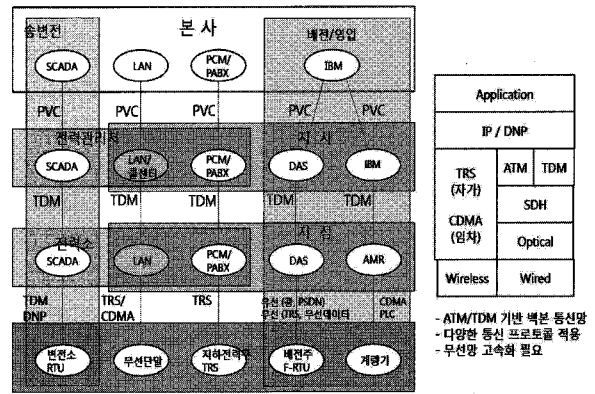


그림 4 전력회사의 정보통신망 개념 과 서버 플랫폼

한다. 이를 위해 표준 인터페이스 제공이 필요하다.

Smart meter는 실시간으로 변동하는 전력 가격을 소비자들에게 전달하고 소비자들의 시간대별 전력사용량을 전력회사에게 정확히 전달할 수 있어야 한다. 이를 위한 네트워크 데이터 throughput 이 최소 규격이상으로 유지되어야 한다. 정보전달에서 QoS도 역시 어느 정도 이상이어야 한다.

이 밖에도 전력망을 운영하기 위해서는 고속의 데이터가 필요할 수도 있고, 저속의 데이터, 폴링에 의한 데이터, 혹은 인터럽트에 의한 고속의 데이터 전송이 필요할 수도 있다. 이러한 다양한 데이터 속도 및 네트워크 성능에 대하여 응용 분야 별로 요구사항을 표준들에서 정의하고 있다. IEEE 1547에 따르면 분산전원 장치의 전압 및 주파수 외란에 대한 장치의 제거 요구시간을 규정하고 있는데 0.16에서 2초 이내에 고장을 제거할 수 있어야 한다.

3.5 보안

스마트그리드의 또 다른 이슈는 절대 보안성이다. 정보공유의 대상, 정보공유의 방식, 정보의 주체, 서비스 가용성 확보, 정보의 기밀성, 확장성과 개방성이 보장 되어야 한다.

분산전원 계통의 통신시스템에는 다양한 이종망과 응용 시스템들로 구성된다. 개별 네트워크별로 보안체계 및 기술이 다른 상황이다. 그리고 보안정도 및 보안 체계도 다른 상황이다.

예로서 다음과 같은 다양한 보안관련 표준 또는 법이 발표되어 있다:

- IEEE 1686, 2007
중요한 인프라 보호 프로그램을 조정하기 위하여 변전소 지능형 전자 장비(IED)의 기능과 특징을 정의하는 표준. 접근, 운영, 구성, 펌웨어 수정, 데이터 불러오기 등을 포함하여 IED 보안 능력을 포괄한다.
- UCAIug AMI-SEC : 유틸리티 홈 지역망 시스템 요건, 2008

- IEC 62351 1-8, 전력 계통 제어 및 관련 통신 : 데이터 및 통신 안전 프로토콜, 네트워크 및 시스템 관리, 역할 기반 접근 제어를 위한 보안.

4. 결론

분산전원은 지역적으로 분포되어 있고, 전력계통에 변동성을 크게 할 것으로 예측되고 있다. 또한 소비자의 전력정보에 대한 요구사항 증가와 분산전원의 제어장치 증가 그리고 기능의 복잡성으로 새로운 운용방식을 요구하고 있다. 정보통신 기술을 활용하여 새로운 요구조건을 만족하도록 하기 위한 많은 연구개발들이 진행되고 있다.

인터넷 프로토콜 기반으로 유연성을 제공할 수 있으며, 미래의 분산전원 기반 기술로 활용될 것으로 예상된다. 많은 소비자의 접속과 공개성에 따른 많은 장애요소가 발생할 수 있어 이에 대한 대비책으로 보원성에 대한 기술 개발이 이루어지고 있다.

본 기고에서는 지금까지 분산전원 통신 시스템의 구성 및 운영 등에 대한 표준 규격 등에 대하여 검토하였다.

참고 문헌

- [1] T. J. Glauthier " CHALLENGE AND OPPORTUNITY: CHARTING A NEW ENERGY FUTURE" Appendix A: Report of the Smart Grid working group
- [2] Alexander Hamlyn, Helen Cheung, Todd Mander, Lin Wang, Cungang Yang, Richard Cheung "Network Security Management and Authentication of Actions for Smart Grids Operations" 1-4244-1445-8/07 ©2007 IEEE
- [3] 2009 전력 IT 표준화 포럼 : 스마트그리드 국제 표준화 워크숍
- [4] IEEE 1547.3-2007, "IEEE Guide for Monitoring, Information Exchange, and Control of Distributed Resources Interconnected with Electric Power Systems", 2007
- [5] IEC 62351-2007, "Power systems management and associated information exchange - Data and communications security"
- [6] Arindam Ghosh, Gerald Ledwich, "Power Quality Enhancement Using custom Power Devices", 2002.

〈 필 자 소 개 〉



손수국(孫守國)

1982년 서울대 전기공학과 졸업. 1984년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1996년 텍사스 오스틴 주립대학 ECE(공학박). 1997년~1998년 삼성SDS 수석컨설턴트. 1984년~1996년 한국전기연구원. 1996년 VTEL (Austin, Tx). 2010년

Who's Who 세계인명사전 등재. 2005년 국무총리 표창. 1998년~현재 수원대 정보통신공학과 재직.



이태건(李泰鍵)

1982년 1월 25일생. 2009년 2월 수원대 정보통신공학과 졸업. 2009년~현재 수원대 정보통신공학과 석사과정.