

스마트 배전시스템 기술개발 동향

■ 권성철, 김주용, 송일근 / 한전 전력연구원

I. 개 요

전 세계적인 유가 급등 등으로 대두되고 있는 에너지 및 자원 위기로 인해 신재생에너지의 보급 및 CO2와 같은 온실가스 배출 규제를 위한 기후변화협약 등의 전 지구적인 노력이 이루어지고 있다. 또한 최근 몇 년간 발생한 미국과 유럽의 대정전으로 인하여 노후화된 전력설비를 교체하고, 자동화 등 전력계통을 효율적으로 운영하고자 하는 노력이 이루어지고 있다. 이에 따라서 전력계통의 지능화된 운영을 위하여 미국, 유럽 등 전 세계적으로 약 10여개의 R&D 프로젝트들이 진행되고 있는 것도 이러한 맥락이다. 이와 관련하여 IEA (International Energy Agency)에서는 2030년까지 전력부문의 신규투자 규모가 약 \$11.3 Trillion, 이중 배전부문은 42%로 약 4300조원이 투입될 것으로 전망하고 있다.

이러한 추세로 배전계통에 태양광, 풍력 등 분산전원의 연계가 증가함에 따라 이를 통합한 배전계통의 효율적인 운전 및 분산전원의 단독운전을 허용하여 소규모 계통의 운영이 가능해지는 마이크로그리드(Microgrid) 등의 새로운 계통 운영이 필요하다. 또한 디지털 부하의 증가로 인하여 높은 전력품질 및 직류서비스 공급을 요구하는 고객이 늘어날 전망이다. 이에 대한 배전계통의 대응 및 다품질 계통운영의 필요성이 증가하고 있다. 따라서 증가하는

분산전원, 마이크로 그리드를 통합하고, 높은 전력품질 및 신뢰도를 제공할 수 있는 배전계통으로 진화되어야 한다. 국내에서도 한전을 중심으로 이러한 미래 요구에 부응하고, 국제표준 및 해외사업의 추진을 위한 연구를 계획 추진하고 있다.

본 논문에서는 스마트 배전 관련 국내외 연구동향을 분석하고, 한전에서 추진하는 스마트 배전시스템 개발에 대하여 설명하고자 한다.

II 국내·외 연구동향

가. 국외 연구동향

1) 배전계통 지능화 연구개발 추진

위키피디아를 인용하면 스마트 그리드(Smart Grid)는 안정된 양방향 통신, 고성능 센서 및 분산 컴퓨팅을 이용하여 효율성, 신뢰도 및 안정성을 향상시키기 위한 변환된 전력망을 의미하고, 이를 통하여 경제성을 높이고 CO₂ 저감을 목표로 한다.

또한 기존의 전력기술과 정보통신기술을 융합하여 전력계통을 지능화하는 연구가 추진중이다. 미국의 EPRI (Electric Power Research Institute) 주관의 "Intelligrid", "ADA(Advanced Distribution Automation)", 에너지부(Department of Energy)의 "GridWise", 유럽 연합의 "SmartGrids" 등 전 세계에서 10여개의 프로젝트가 진행중이다. [표 1]

EPRI 주관의 "Intelligrid"는 미래 디지털 사회를 지원하는 고품질, 고신뢰도를 갖춘 지능화된 전력 인프라 구현을 위해 2001년에 착수되었다. 세부 프로젝트로는 전력시스템 전 분야에 대한 데이터 교환, 연계, 통합 등을 위한 개방형 표준 기반의 아키텍처를 설계하는 인텔리그리드 아키텍처(Intelligrid Architecture), 분산전원 객체모델 및 정보교환 인터페이스 설계를 위한 DER/ADA(Distributed Energy Resources for Advanced Distribution Automation), 수요반응 등의 고객과 전력망 및 전력시장과의 포털 솔루션을 연구하는 수용가 포털(Consumer Portal), 실시간 계통 해석 및 예측(Fast Simulation and Modeling) 등으로 구성되어 진행 중이다.

EPRI에서 주도하는 다른 프로그램으로 ADA(Advanced Distribution Automation)이 있는데, 여기서는 유연한 배전계통, 개방형 표준 통신시스템 등이 구현된 차세대 배전자동화시스템의 개발을 목적으로 신배전망 구성기술, 정보 통신 표준화 기술, 전력전자 응용기술, 지능형 배전망 감시시스템 및 신배전망 제어기술 개발 등 5가지 분야로 진행 중이다.

이와 같이 전 세계적으로 추진되고 있는 전력망 지능화 연구개발 프로그램은 세부적으로 차이는 있지만, 정보통신, 전력전자 등이 급격하게 발전하고 있는 IT기술을 활용하여 미래의 유연한 전력망의 구성 및 지능화를 비전으로 하고 추진되고 있다.

또한 엑셀 에너지(Xcel Energy)에서는 콜로라도주 보울더에 스마트 그리드 시티(Smart Grid City)를 조성하여 스마트 그리드 실증시험을 추진하고 있다. '08.8까지의 1단계

에서는 2개의 변전소 5개 D/L에 15,000의 스마트 미터를 설치하고, 웹포털(Web Portal)을 구축하여 에너지 정보 및 이용정보를 제공하고, '09년 12월까지의 2 단계에서는 20개 D/L 35,000개의 미터로 확장하여 주택 에너지 자동화 및 PHEV(Plug-in Hybrid Vehicle), 태양광 및 풍력 실증시험을 수행할 계획이다.

미국에서는 2007년 말 에너지 보안, 에너지 절약, 연구개발 및 CO₂ 저감 등의 정책에 대하여 EISA 2007(Energy Independence and Security Act of 2007)을 제정하면서, 스마트 그리드 관련 법안을 포함하여 스마트 그리드 관련 기술개발 및 시장적용을 유도하려고 한다. 이 법안의 주요 내용은 전력기반 시설의 신뢰성 및 안정성 유지, 현대화 및 스마트 그리드 달성을 지원하는 것을 핵심으로 하여 스마트 그리드 기술의 연구개발 및 데모(RD&D) 프로그램을 운영하고, 상호운용성 표준을 제정한다. 또한 스마트 그리드 투자비용을 반환하는 데, 이중 20%에 대하여 보조금을 지급하도록 하고 있다.

2) 에너지 효율화 연구

다양한 에너지 효율화 연구도 진행중인데, 그 중

표 1 전력망 지능화 연구개발 프로그램

구분	과제명	수행기관	연구분야	주요 사항
미국	IntelliGrid	EPRI	송배전, 영업, 분산전원	IntelliGrid 아키텍처 설계 수용가 포털 실시간 계통 해석
	ADA (Advanced Distribution Automation)	EPRI	배전, 분산전원	차세대 배전자동화 센서 및 감시시스템 배전계통 보호/제어
	GridWise	에너지부 (DOE)	배전, 분산전원	배전선로 지능화, 상호운용성
유럽	SmartGrids	European Commission	송배전, 영업, 분산전원	수용가와 양방향 서비스 기술 전력망의 효율성과 안정성 향상기술



그림 1 직류 데이터 센터 실증시험

의 하나로 직류전원을 이용한 인터넷 데이터 센터 구축이다. 미국 로렌스 버클리 국립연구소(LBNL)에서는 직류전원을 이용한 데이터센터 구축에 대한 실증시험을 수행하였는데, 데이터 센터의 전력공급을 기존의 3단계의 AC/DC 변환단계를 1단계로 간략화하여 약 20%의 에너지 효율을 높이고, 전력설비 투자비용을 절감하는 등 데이터 센터의 성능 향상을 검증하였다. 그림 1은 LBNL에서 수행한 직류 데이터 센터에 대한 실증시험 그림이다.

또한 구글(Google) 등의 IT업계에서는 이러한 직류배전을 통한 데이터센터 구축에 신재생에너지 및 PHEV를 활용하여 다양한 직류배전 토폴로지를 실증하여 에너지 효율 및 환경적인 측면을 고려한 데이터 센터 운영을 하고 있다. 그림 2는 신재생에너지를 활용한 데이터 센터 전원공급 토폴로지의 한 예

를 보여주고 있다.

그리고 신재생에너지의 보급과 더불어 태양광, 연료전지, 전력저장 등 직류 전원 출력을 가지는 전원 형태가 늘어남에 따라, 스웨덴, 핀란드, 인도 등에서 저전압 DC 공급방식에 대하여 검토하고, 소규모 DC 망에 대한 실증시험과 이에 따른 효율, 손실 및 경제성에 대한 분석을 수행하는 등 다양한 연구가 진행 중이다.

EPRI에서 추진하는 ADA 프로젝트의 일부분으로 직류변환, 전력품질 보상 등의 기능이 추가된 전력 전자 기반의 다기능 변압기를 개발 중에 있다.

3) 마이크로그리드 연구

마이크로그리드는 기존 전력회사의 상용계통에서 독립하여 운전 가능한 온 사이트형 전력공급 시스템

으로 다수의 소규모 분산전원과 부하로 구성되어 복수의 전원 및 열원이 IT관련 기술을 이용하여 일괄 제어 관리되는 미래혁신적인 전력공급 시스템이다. 현재 마이크로 그리드와 관련된 다양한 연구개발 및 실증 시험이 미국, 일본(그림 3 참조) 및 유럽에서 진행 중인데, 대부분 마이크로 그리드 최적계통 운전 및 전력 품질에 대한 내용이 주를 이룬다.

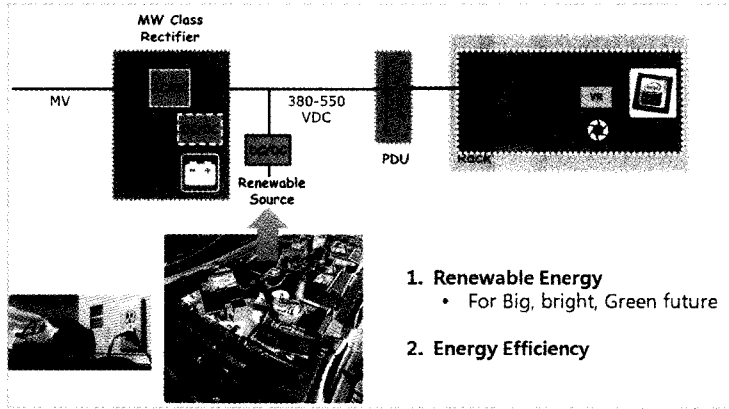


그림 2 신재생에너지를 활용한 데이터 센터 전원공급 구성 사례

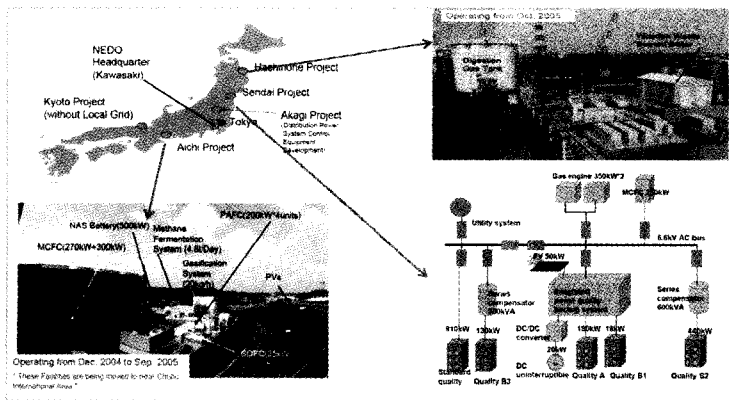


그림 3 일본의 마이크로그리드 실증시험 현황

나. 국내 연구동향

1) 전력IT 연구개발 사업 추진

국내에서는 지식경제부 주도로 전력산업의 고도화, 고부가가치화를 통해 새로운 국가 성장동력 창출을 목적으로 전력IT 국가전략과제를 2005년부터 수행 중에 있다. 송전부터 배전 및 고객까지의 전 전력망에 대한 연구개발이 추진되고 있다. 한국형 에너지관리시스템 개발, 디지털 기술기반의 차세대 변전시스템 개발, 배전지능화 시스템 개발, 전력

선통신 유비쿼터스 기술개발 등의 과제가 포함되어 있고, 2007년에 마이크로그리드 통합 에너지관리 시스템 개발 및 실사이트 적용기술 개발과제가 포함되어 10개 과제로 구성되어 있다. <그림 4>

10개의 과제중 “배전지능화 시스템 개발” 과제는 SCADA기능이 통합된 배전지능화 시스템 중앙제어 장치를 개발하고, 지능형 단말장치 및 지능형 배전 기기를 개발하여 자동화 대상기기 및 기능을 확장하였으며, 분산전원 연계기술 및 실증시험장을 구축한다. <그림 5>

또한 “마이크로그리드” 과제는 마이크로 그리드 통합 운영시스템을 개발하고, 저압 마이크로그리드 운용을 위한 PQCC (Power Quality Control Center), STS(Static Transfer Switch) 및 통신 게이트웨이를 개발하고, 이를 구축된 실증플랜트에서 성능평가를 수행한다.

계통망을 개발하고, 해외 스마트그리드 시장에 적합한 글로벌 상품을 개발하고자 스마트 배전시스템을 한전의 6대 핵심전략기술 개발과제로 선정되어 추진 중이다. 스마트 배전시스템에서는 그림 6처럼 다수의 분산전원, 마이크로그리드 및 직류배전 등에 대한 최적 배전계통 운영과 고장예지, 전력품질 보상, 분산지능화 등을 통한 계통 신뢰도 및 품질의 획기적인 향상을 달성하고자 한다. 미래 배전계통에서의 에너지 관리시스템을 개발하여 분산전원을 통합 운영하고, 분산지능형 시스템 제어를 통하여 계통 외란에 빠른 대응을 실행하고, 고장예측을 통하여 정전시간을 획기적으로 단축할 것이다. 또한 배전계통 운영 통합 통신 플랫폼을 구축하고, IEC61850 및 CIM(IEC61968, IEC61970)을 적용하여 시스템을 표준화 할 것이다. 전체적인 스마트 배전의 기술개발 로드맵은 아래의 그림 7과 같이 표현된다. 전력IT 성

2) IDC의 직류전원공급

KT에서는 Green IDC의 일환으로 IDC의 전력소비중 큰 부분을 차지하는 전력전달 PSU(Power Supply Unit)의 구성을 3단계의 AC/DC 변환을 1 단계의 AC/DC로 전력변환 횟수를 감소하여 약 20%의 에너지 효율 향상을 가져왔다. UPS, STS 등을 제거하여 전력시설 투자비용을 절감하고, 장애 요인 및 노이즈, 서지 등의 제거로 가용율을 높이는 등 뚜렷한 에너지 효율 향상을 가져왔다. 현재 이 방식의 전원 공급방식은 2008년에 신규 구축된 목동의 ICS(Internet Computing Service)에 적용되어 운영중이다.

III. 스마트배전 기술개발 추진 계획

한전에서는 전력IT를 발전시켜 미래 전력수요에 대응하는 차세대 배전

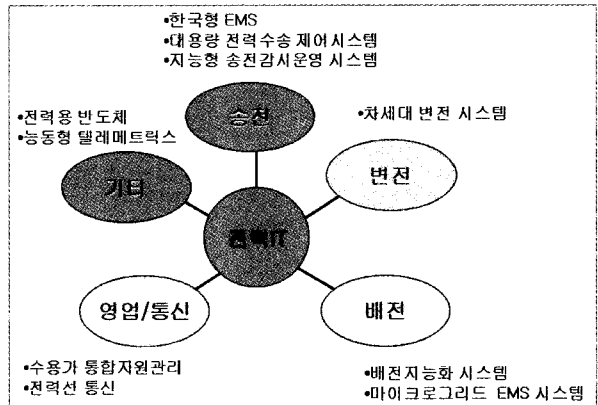


그림 4 전력IT 연구개발 사업 추진 현황

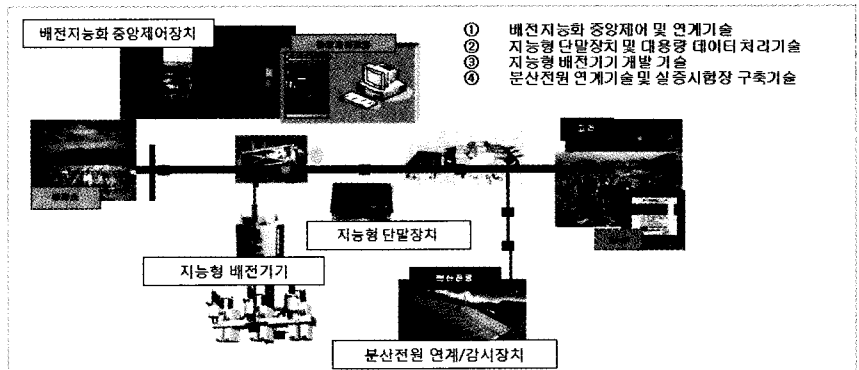


그림 5 배전지능화 시스템 개발 과제 구성

과물 및 한전의 배전자동화 운영기술을 기반으로 마이크로그리드 등이 통합된 미래 배전계통의 분산제어 및 고장예지기술을 구현하고, 직류배전시스템 및 스마트 미터링을 통한 다양한 고객측 전력 부가서비스를 개발하여 스마트 배전시스템을 구현할 것이다.

1) 스마트 배전 운영시스템 개발

스마트 배전 운영시스템은 현재의 배전자동화시스템에서 진화한 미래 배전계통의 운영을 위한 소프트웨어 플랫폼을 개발한다. 변전소 자동화를 위하여 설계되었고, 분산전원 및 배전분야로 확장되고 있는

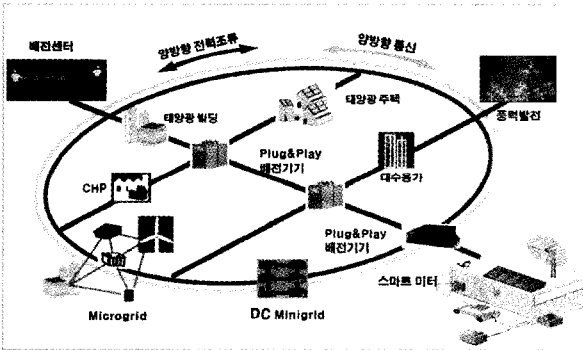


그림 6 스마트 배전시스템 구성

IEC61850을 적용하고, 배전관리를 위한 애플리케이션간의 데이터 교환 및 연계를 위한 표준인 IEC61968을 적용한 플랫폼이 개발될 것이다. 이 플랫폼 위에 미래 배전 계통의 최적운영을 위한 애플리케이션 프로그램이 탑재되어 운영될 것이다. 여기에서는 분산전원이 통합 운영되고, 이를 활용한 배전계통 제어 및 보호협조가 운용될 것이며, 배전계통의 에너지 자원의 운영을 위한 Virtual Power Plant 기술이 구현될 예정이다.

또한 전력IT과제인 배전지능화시스템에서 개발되고 있는 진단기능을 가진 지능형 배전기기를 진화시켜 배전계통의 선로 및 기기를 진단하고, 이를 이용하여 배전선로 고장예측 기술을 개발 할 것이다.

2) 스마트 배전기기 개발

스마트 배전기기 개발은 스마트 배전시스템의 통신 인프라 구현을 위한 스마트 배전 통신망의 설계 및 시스템 연계 운영기술이 개발되고, 이를 위한 스마트 배전 네트워크 처리장치가 개발될 것이다. 그리고 개발되는 스마트 배전기기의 표준 적합성 시험 및 상호운용성 시험을 위한 기기별 시험과

상위 운영시스템과의 연동시험을 위한 연구가 수행될 것이다. 개발되는 배전기기로는 분산지능형 스마트 배전기기와 IEC61850 기반의 RTU와 프로토콜 어댑터가 될 것이다. 분산지능형 스마트 배전기기는 기기간의 통신(Peer-to-Peer Communication)을 통하여 상호간의 정보 교환 및 배전선로의 고장처리, 적용형 보호협조 등의 기술이 구현될 예정이며, 상위시스템과의 연동으로 Plug & Play 기술이 개발될 것이다.

또한 스마트 VPP(Virtual Power Plant) 에이전트가 개발되어 향후 계속 증가할 태양광, 풍력 등의 분산전원의 통합 감시 및 제어를 수

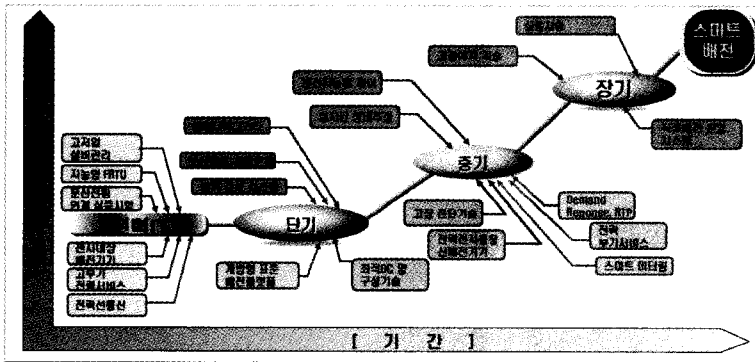


그림 7 스마트 배전시스템 기술 개발 로드맵

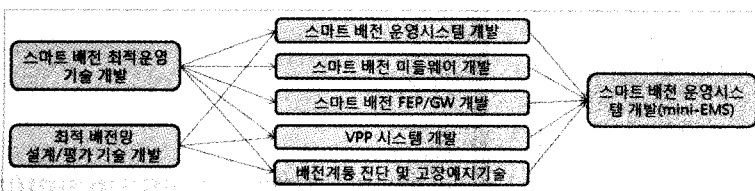


그림 8 스마트 배전 운영시스템 구성

행하여 배전계통 운영효율을 높일 수 있을 것이다. 그리고 전력전자 기술을 응용하여 계통 상태 감시, 전력품질 제어 등의 기능을 가진 Solid-state 다기능 변압기도 개발 될 것이다.

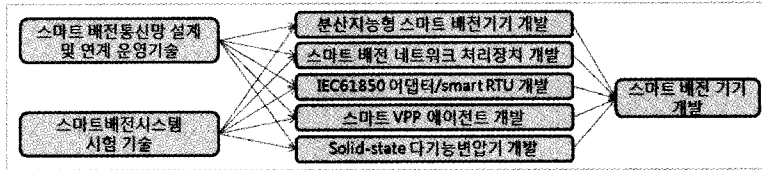


그림 9 스마트 배전기기 개발

IV. 결론

한전의 배전자동화시스템은 91년의 연구개발로부터 시작하여 1세대인 시스템 국산화 및 원격감시 기능 구현, 고장처리, 부하균등화 등의 기능이 구현된 2세대 종합자동화를 거쳐 현재, 배전설비 열화 감시 및 전기품질 감시 등의 3세대 배전자동화시스템의 개발을 추진 중이다. 이 배전 자동화 시스템은 4세대의 스마트 배전시스템으로 진화하여 미래 복합 배전

계통의 통합 운영과 분산지능형 고장예지형 계통운영을 구현하고, 배전계통 신뢰도 및 전력품질 향상에 획기적인 전환기를 맞이할 것으로 예상된다.

스마트 배전시스템의 개발을 통하여 신재생에너지의 통합운영과 환경규제에 능동적으로 대응하고, 세계 전력산업 표준화 주도 및 해외 시장 진출기반을 구축할 것이다. 또한 고객의 고품질 전력 공급요구에 능동적으로 대처하고, 향후 추진될 U-city 사업 등에서 다양한 전력부가 서비스를 제공하여 국민의 삶의 질 향상의 새로운 기회를 마련할 것이다.



권성철 (權成鐵)
 1995년 경북대 전자공학과(학사)
 1997년 포항공과대학교 대학원 전자전기공학과(석사)
 1997년~현재, 전력연구원 배전연구소 선임연구원
 관심분야: 스마트배전시스템, 배전자동화, 보호협조
 Tel : 042-865-5935 E-mail : mindall@kepeco.co.kr



김주용
 1992년 경북대 전기공학과(학사)
 1994년 경북대 대학원 전기공학과(석사)
 2007년 경북대 대학원 전기공학과(박사)
 1994년~현재, 전력연구원 배전연구소 선임연구원
 관심분야: 스마트배전시스템, 배전설비진단
 Tel : 042-865-5913 E-mail : juyong@kepeco.co.kr



송일근 (宋一根)
 1984년 숭실대 전기공학과(학사)
 1986년 숭실대 대학원 전기공학과(석사)
 1997년 숭실대 대학원 전기공학과(박사)
 1985년~현재, 전력연구원 배전연구소 배전설비진단그룹장
 관심분야: 스마트배전시스템, 열화진단기술
 Tel : 042-865-5910 E-mail : iksong@kepri.re.kr