

스마트그리드의 기본 구성요소와 신재생에너지원의 연계운전 알고리즘 체계



글_ 황우현

한국전력공사 스마트그리드팀장

[2010년도 대한전기학회 하계학술대회 게재 논문]

경제발달로 산업화가 가속화 되면서 대규모 공업단지나 빌딩의 증가로 전력수요가 급격히 늘어남에 따라 더 많은 발전이 필요하게 되었다. 화력발전은 건설기간이 원자력이나 수력에 비해 짧고 운영이 용이한 반면 이산화탄소 배출이 훨씬 많아 지구 온난화와 환경문제의 주요인으로 지적되고 있다. 또한 발전은 입지조건상 바닷가부근에서 생산하여 송전선로를 통해 공급하므로 송배전 전력손실이 높아진다.

따라서 화력발전의 비용을 줄이고 전력망의 손실을 감소시키기 위해서는 신재생에너지원과의 연계운전이 중요하다. 이렇게 다양한 전력공급원과 소비의 최적 운전을 위해서는 스마트그리드의 구성과 운영 기술의 도입이 필요하다. 본 논문에서는 스마트그리드의 기본 구성요소와 신재생에너지원과의 연계운전에 필요한 알고리즘 체계를 제시하고자 한다.

1. 서론

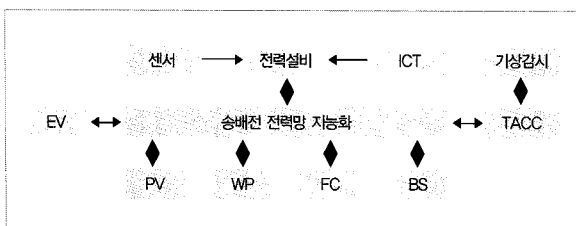
18세기에 시작된 산업혁명 이후 전 세계적으로 산업화가 진전되면서 화석연료를 이용한 에너지 사용량이 늘어나게[1] 됨에 따라 이산화탄소 배출량의 증가로 지구온난화 문제가 제기

되었다. 이로인해 대체에너지원의 이용에 대한 관심이 늘어나 태양광이나 풍력, 연료전지와 같은 대규모 신재생에너지원을 이용한 발전과 전기자동차의 이용 등의 증가로 전력 계통 운전시 불안정성이 높아지게 되었다. 또한 6~70년대 산업화초기에 시설된 산업용 전력설비와 대규모 고객과 아파트단지 수전설비의 노후로 불시고장이 발생되면 기업생산의 지장과 국민생활의 불편을 초래하게 된다. 특히, 광범위한 지역에 설치되어 있는 배전설비를 인력에 의한 고장예방과 대응에 한계가 나타나고 있다. 특히 불시고장이 발생 시에는 차량정체로 이동에 장시간이 소요될 뿐만 아니라 원인 파악도 어려운 실정이다. 또한 경제 성장에 따라 일반가정에서의 냉방부하가 급증하여 최대수요가 증가할 경우 피크 대비용 발전설비나 송배전 설비에 대한 막대한 투자가 필요하다. 미국이나 유럽에서는 전력계통을 이용한 수요관리와 대규모 태양광, 풍력 발전과 전력저장장치의 활용 연구가 진행되고 있고, 일본은 자동화된 기술을 바탕으로 전력계통과 소규모 신재생에너지원과의 연계운전에 중점을 두고 있다. 본 논문에서는 스마트그리드의 정의와 기본 구성요소를 정립하고, 전력계통과 신재생에너지원과의 연계운전, 다양한 운전 환경에서도 전력손실과 이산화탄소 배출을 감소시키며 전력설비의 이용 효율을 향상시킬 수 있는 알고리즘 체계를 제시하고자 한다.

2. 본 문

2.1 정의와 필요성

스마트그리드란 전력설비와 정보통신기술을 융합시켜 전력망의 상태는 물론 신재생에너지원 발전유무와 전기자동차와 같은 이동형부하 그리고 전력저장장치와 연계운전 등 다양한 환경에서도 최적으로 전력망을 운영할 수 있는 시스템이라고 말할 수 있다.



【그림 1】 스마트그리드 개념도

기존의 전력망은 발전, 송배전과 전력의 사용체계가 거의 변동이 없이 단순하였다. 그러나 최근 지구온난화에 대한 이산화탄소 의무감축 비용문제가 국가적 이슈가 되고[2], 원유가격이 상승함에 따라 다양한 대체에너지원이 개발되어 생산된 전력이 기존의 전력망에 접속이 늘어나고 있다.

【표 1】 국내 이산화탄소 배출량과 전력분야 점유율 ('10. 2)

구분	2000	2010	2015	2020	
CO ₂ 발생량(억톤)	5.27	6.79	7.28	8.13	
전력	점유량(%)	20.9	30	27.5	23
	부담(조원)	4	6	5.4	4.6

결국 연간 국내 이산화탄소 배출량 6억톤 중 전력부분의 30%를 감소시켜야 하며, 감소 불가능한 양은 해외에서 탄소배출권을 구입하여 대체하여야 한다. 따라서 전력망의 스마트그리드화를 통해 연간 6조원 규모의 막대한 비용을 지불하여야 하므로 화력발전으로 생산되는 전력의 양을 줄이고 전력의 송전과 소비과정에서의 손실 최소화가 필요하다.

2.2 스마트그리드 구성요소와 운영시 고려사항

2.2.1 전력설비와 전력계통 운영시스템

전력설비는 발전, 송배전, 고객설비로 나눌 수 있다. 발전설

비는 발전기와 승압용 변전설비와 철탁으로 구성되어 있으며, 송전설비는 철탁과 절연예자, 지지금구, 전선과 보호설비로 이루어져 있다. 변전은 전압을 승압하거나 강압하는 주변압기, 상태감시용 계전기와 계기 그리고 배전선로 차단기가 포함된다. 배전은 배전선로와 강압용 변압기, 구간분리용 개폐기와 보호기기로 구성된다. 지능화를 위해서는 이미 설치되어 운영 중인 설비와 신규 개발기기의 설비별 대응방안이 필요하다.

【표 2】 송배전선로 및 계통 운영시스템 ('10. 2)

송전(Kv/c-km)			변전		배전		운영시스템	
765	345	154	S/S	Bank	DL(c-km)	지지물(천기)	SCADA(식)	DAS(식)
755	8,555	20,469	715	2,255	8,544	8,219	67	190

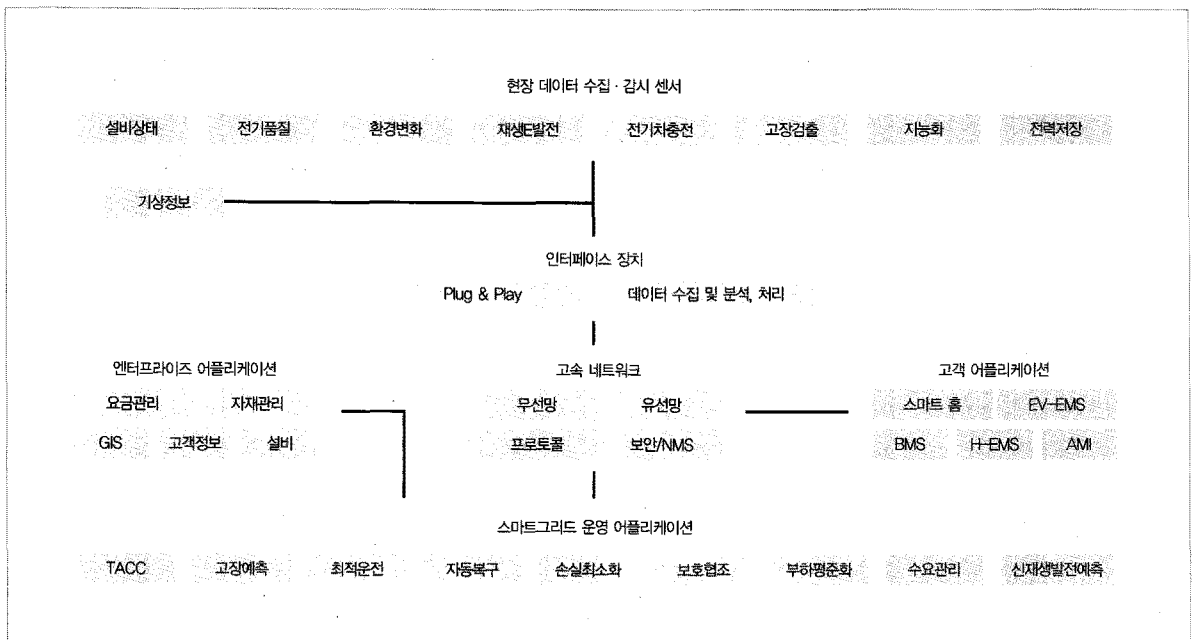
전력계통은 송변전, 배전선로를 원격으로 운전할 수 있는 스카다와 배전자동화시스템이 있으며 각각의 시스템은 운영용 컴퓨터장치와 응용소프트웨어로 구성된다[2]. 이 경우 송변전 설비 감시용 스카다와 배전자동화시스템을 통합하여 송전망과 배전망을 발전과 소비가 최적상태로 운영될 수 있는 방안이 고려되어야 한다.

2.2.2 신재생에너지, 전기자동차 충전과 스마트 홈

신재생에너지원은 태양광, 풍력, 전력저장장치, 바이오매스, 지열, 소수력 등의 재생에너지와 연료전지, 석탄가스화, 수소 연료를 신에너지로 분류된다[3]. 발전용량이 3,000kW이상은 송변전선로와 연계하고 그 이하는 배전선로와 연계되어야 한다. 전기자동차의 충전은 개인별로 원하는 장소에서 사용할 수 있는 차량부착용과 공공장소에 설치된 충전소에서 이용할 수 있어야 한다. 가정에서는 가전제품과 냉난방장치 등을 지능화하여 시스템에 의해 관리되는 스마트 홈 체제를 구축하여야 한다.

2.2.3 수요관리

발전과 부하를 최적상태로 운전하기 위해서는 전력계통의 지능화와 네트워크를 이용하여 실시간으로 요금변동 정보를 교환하여 수요를 조절할 수 있어야 한다. 특히, 배전선로의 구간별 부하량의 변동에 따라 신재생에너지 발전과 전력저장장치, 전력회사 공급선로 간 최적 해를 구하여 운전할 수 있어야 한다.



【그림 2】 스마트그리드 기본 구성요소와 어플리케이션

2.2.4 고속 네트워크 구성과 보안

지능화된 전력설비와 전력계통을 초고속 광 통신망이나 무선 통신망을 이용하여 스마트그리드 운영 어플리케이션시스템과 연결하여 운영하여야한다. 각 장치와 시스템 간 통신망의 구성은 적절한 프로토콜을 지정하여야 하며, 전력 설비와 계통이 전용통신망을 이용하여 네트워크를 구성하여도 해킹 등의 우려가 있으므로 보안설비를 구비하여야 한다.

2.2.5 스마트그리드 어플리케이션

스마트그리드를 구성하기 위해서는 먼저 현장 데이터를 수집하여야 한다. 따라서 전력설비 감시센서, 전력계통 연계전원 품질감시, 전력설비 운전 주변환경 기상 모니터링, 신재생에너지원 발전상태 감시, 전기자동차 충전 감시, 고장검출, 전력설비 지능화, 전력저장장치 등의 현장정보를 실시간으로 취득할 수 있어야 한다. 또한 현장에서 수집되도록 구성된 장치는 인터페이스장치를 통해 일부는 저장하고 변동되는 데이터는 주장치로 송부하는 체제를 갖추어야 한다. 이를 위해 플러그 앤 플레이(Plug & Play) 기능과 데이터 수집 및 분석, 처리할 수 있어야 한다. 또한 현장의 데이터를 주 장치로 송부하기 위한 네트워크와 통신망은 지정된 프로토콜에 따라 초고속 양방향 유무선 통신망을 이용하여 보안조건을 고려하여야

한다. 스마트그리드 체제하에서 전력을 운영하기 위한 주요 어플리케이션은 전력설비 고장 예측, 전력계통 최적운전, 자동 복구, 손실 최소화, 수요관리, 보호협조, 부하평준화 그리고 종합자동화제어센터(TACC)를 설치하여 운영하여 한다. 전력을 소비하는 고객의 어플리케이션은 주택용 에너지관리시스템(H-EMS), 지능형 전력량계(AMI), 배터리관리시스템(BMS), 전기차 충전관리시스템(EV-EMS)과 스마트 홈의 종합관리시스템을 구성하여 한다.

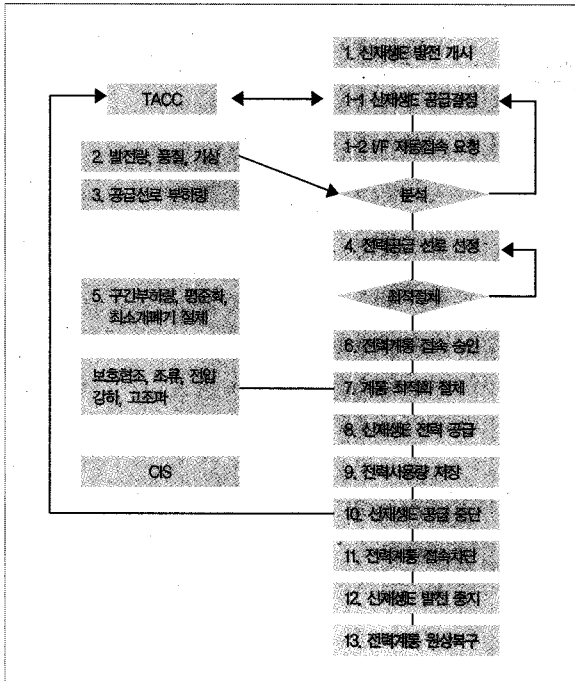
2.3 신재생에너지 운전 알고리즘

전력망은 발전, 송전, 변전과 배전 그리고 전력을 소비하는 부하로 구성되어 있기 때문에 스마트그리드로 변환하여 운전하기 위한 조건 중 스마트그리드 운전 알고리즘의 구성은 본 학술대회 논문의 지면제약을 고려하여 신재생에너지를 중심으로 계통과 연계되어 운전하기 위한 알고리즘을 제시하고자 한다. 태양광과 풍력, 연료전지 등 신재생 에너지원이 발전을 하게 되면 전력계통에 영향을 주기 때문에 발전과 동시에 전력 생산과 공급 예측량을 계통제어센터로 통보하여야 한다. 이와 동시에 전력생산 시스템은 전력회사 망의 인터페이스와 플러그 앤 플레이 기능을 통해 자동 접속하게 된다. 이로서

신재생에너지원과 전력계통의 연계가 되고 운전대기상태가 된다, 이때 인터페이스 장치는 기존의 전력망과 동기를 위해 주파수와 전압을 확인하고 일정시간동안 안정도를 점검하는 등 분석을 시행한다. 분석결과는 제어센터의 주 장치로 송부되고 주장치는 이미 취득되어 있는 계통운전 정보를 바탕으로 생산된 전력의 공급대상의 구간부하와 부하평준화 그리고 개폐기의 최소 절체량을 계산하여 절체준비를 완료한다. 이에 따라 주 장치에서는 계통 접속을 승인하고 전력계통운전의 최적화를 위해 개폐기와 보호협조를 재조정한다. 이로써 신재생에너지원은 생산과 동시에 적정 공급구간에 전력을 공급하고 수시로 신재생에너지원의 접속을 진단하고 계통절체를 반복하며 전력을 공급하고 사용량을 기록한다. 고객의 전력사용량이 심어나 주간의 업무가 끝나서 감소하게 되면 신재생에너지원을 이용한 전력공급을 중지하고 계통접속을 차단한다.

3. 결론

전력망을 스마트그리드로 운전하기 위해서는 현장에 설치된 센서를 이용하여 다양한 정보를 취득하여 전력설비의 운전 트렌드로 고장발생 예측과 대응방안을 제시하여 해소하여야 한다. 또한 신재생에너지원의 발전예측과 전력계통과의 접속을 자동으로 수행하기 위해 상태 모니터링과 승인을 자동으로 할 수 있어야 한다. 전기자동차나 대용량 저장장치의 충전상태 감시와 전력계통 연계운전도 전체 계통운영 상태를 반영하여 운영할 수 있어야 한다. 이 초기모델은 실증을 거쳐 미비점을 보완하여 표준화된 스마트그리드의 알고리즘으로 발전하고자 한다. 궁극적으로 전력, 가스, 수도, 교통, 열, 난방은 물론 건강이나 환경관리시스템과 통합운영단계에 이르면 에너지와 환경이 조합된 최적의 시스템을 운영할 수 있을 것으로 전망된다.



[그림 3] 신재생에너지원의 스마트그리드 연계운전 알고리즘 체계

참고문헌

1. 한국전력공사, "그린뉴딜환경에서의 전력그룹사 대응전략", 26p, 2010.1
2. 한국전력공사, "업무현황", 8p, 27p, 2010. 5
3. 김영일, "분산전원연계시 안정운전을 위한 알고리즘", KIEE, 추계 학술대회 263p, 2008

마침 ◆