

## 스마트그리드 기반의 송배전전력망 구축 및 통합 운영시스템 동작 체계

황우현\*, 김자희\*\*, 배성환\*, 김경환\*, 안교상\*  
한국전력공사\*, 서울과학기술대학교\*\*

### The Operation Procedure of Power Grid Operation System Based on the Smart Grid

Hwang Woohyun\*, Kim Ja-hee\*\*, Bae Sunghwan\*, Kim Kyeonghwan\*, Kyo-Sang Ahn\*  
KEPCO\*, SNU\*\*

**Abstract** - 발전된 전력을 부하설비까지 공급하는 수송체계를 송배전 전력망이라 한다. 송배전전력망은 송배전 설비와 공급선로로 구성되어 있으며 각각 스카다와 배전자동화시스템에 의해 감시, 운영되고 고장발생 시 복구기능을 수행하고 있다. 경제성장에 따라 전력망은 계속 증가되고 운영방법도 더욱 복잡해져 자동화시스템만으로 설비의 상태진단과 고장에측은 물론 효율적 운영에 한계가 나타나고 있다. 또한 지구온난화의 해소를 위해 이산화탄소 감축에 필요한 신재생발전과 전기가동차 충전장치의 설치요구도 증가하고, 대용량 전력저장장치를 이용한 전력계통과 연계도 늘어나고 있다. 따라서 송배전설비와 정보통신기술의 융합을 통해 고장을 예방하고 전력계통운영의 효율화와 고품질의 전력을 안정적으로 공급하기 위한 스마트그리드 기반의 송배전전력망 통합운영시스템의 구성과 동작 체계를 제시하고자 한다.

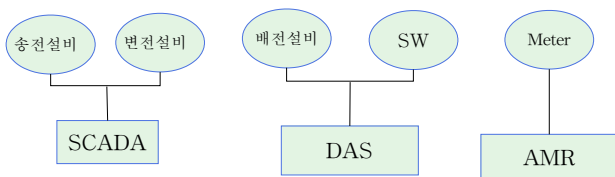
#### 1. 서 론

최근 태양광, 풍력 등과 같은 신재생 발전원의 증가와 전기가동차, 전기주택과 같은 새로운 수요의 증가는 송배전전력망의 안정적 운영을 저해하고 있다[1]. 업무영역 단위로 운영되고 있는 송배전전력망 운영시스템은 설비의 노후 시 고장에측이나 자연재해의 발생 시 신속한 대응이 어려운 실정이다. 이러한 운영시스템의 기능적 한계로 설비고장이 발생할 경우 복구에 장시간 소요되게 된다. 따라서 광활한 지역과 자연환경에 노출된 채 운영되고 있는 전력설비를 지능화하여 영역별로 분리 운영하고 있는 계통 운영시스템을 통합 연계하여 관리하기 위한 시스템의 동작 체계를 정립하여 시스템 구축과 운영에 기여하고자 한다.

#### 2. 본 론

##### 2.1 송배전전력망의 구성과 운영시스템 특성

전력망은 송전, 변전, 배전용 설비와 운영시스템으로 구성되어 있으며 수많은 전력설비의 이용율을 높이고 손실을 줄여 고품질의 전력을 안정적으로 공급하는 것이 주요 기능이다. 대부분의 전력설비는 자연환경에 노출된 채 운영되고 있어 경연열화와 자연 재해에 의해 고장이 발생한다. 이를 예방하고 대처하기 위해 원격으로 감시하고 고장구간을 최소화하기 위한 스카다와 배전자동화시스템 그리고 원격검침이 있다.



〈그림 1〉 송배전설비와 운영시스템

##### 2.1.1 송변전설비

송전설비는 철타, 지지금구와 애자, 전선 등 이고, 변전설비는 전력용 변압기와 보호 및 개폐장치, 부속설비로 구성되어 있고, 154kV, 345kV, 765kV와 같은 초고전압을 발전소에서 변전소를 거쳐 배전선로로 전력을 공급하는 역할을 한다. 대부분의 송전설비가 산악지를 통과하여 겨울철의 빙설해와 강풍, 하절기의 강한 자외선에 노출되어 애자연의 손상이나 고장이 발생하기도 하고 최근에는 대규모 공사현장의 중장비가 선로에 근접하거나 조류의 접근으로 보호기기가 동작하여 일시적인 정전이 발생하는 사례도 있다. 또한 변전설비는 경연열화나 부분방전, 낙뢰와 보호 장치의 오동작에 의해 고장이 발생하기도 한다.

〈표 1〉 송변전설비 현황과 호당 정전시간

2010.12

회선길이 (c-km)	지지물 (천기)	애자 (천개)	변전소 (개소)	정전시간 (분/호)	송전손실 (%)
30,676	40,811	9,098	731	1.6	1.57

##### 2.1.2 배전설비

전주, 지지금구와 애자, 전선으로 배전선로가 구성되고 배전변압기와 보호기기 그리고 개폐장치가 연결되어 배전망이 운영된다. 배전망도 송변전설비와 같이 열화나 기상재해에 의해 유사한 고장이 발생한다. 인체의 모세혈관과 같이 수많은 부하설비와 연결되어 전력을 공급하기 때문에 차량에 의한 충돌이나 조류, 수목등과 같은 고장이 더 빈번하며 고장 시에는 산업생산의 지장과 일상생활에 직접적인 영향을 미치게 된다.

〈표 2〉 배전설비 현황과 호당정전시간

2010.12

선로길이 (c-km)	지지물 (천기)	변압기 (천대)	정전시간 (분/호)	배전손실 (%)
207,208	8,343	1,989	13.55	2.42

##### 2.1.3 전력망 운영시스템

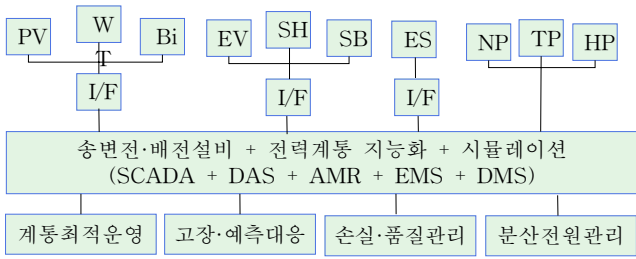
광범위한 지역에 분산 설치되어 있는 송배전설비와 부하설비는 스카다와 배전자동화시스템 그리고 AMR에 의해 감시, 제어, 계측한다. 스카다는 송전선로나 변전소에 설치된 단말장치로부터 주기적인 계측을 통해 설비에 이상이 발생 시 전력공급 지장을 최소화할 수 있다. 배전자동화시스템은 배전선로에 설치된 개폐기와 단말장치를 통해 전압, 전류 등의 상태정보를 입수하여 고장 시 고장구간을 원격으로 신속히 분리하여 정전시간을 최소화할 수 있다. 디지털미터가 설치된 수용은 원격으로 사용량을 검침할 수 있다.

##### 2.2 전력망 운영여건의 변화

전력망의 운영은 최근까지도 발전, 송변전, 배전을 통해 소비단계로 이루어져 있다. 전력은 대부분 원자력, 화력, 수력에 의해 생산되어 공급되었고 송변전 설비는 초기 여유량을 고려하여 구축하기 때문에 큰 변경이 필요하지 않았다. 배전설비는 도시와 산업의 발달에 따라 추가 시설로 운영이 가능하였다. 그러나 향후 5~10년이 경과되면 국가적으로 이산화탄소의 감축이 불가피하고[2] 전력산업의 성장률이 2%대로 감소될 전망이다 이에 대한 대비가 필요한 실정이다 이러한 환경 하에서 유가 인상, 환경오염에 대비하기 위해 태양광, 풍력, 바이오에너지를 이용한 신재생발전과 전기차 충전, 가전제품의 지능화와 대용량 배터리를 연계한 수요조절 등이 증가될 전망이다. 인터넷, 스마트폰 등 네트워크 기술발달이 가속화되면서 전력망과 IT가 융합하여 전력소비자는 친환경 전원을 편리하게 사용하면서 적절한 요금을 부담하게 되고 전력회사는 손실을 최소화하고 설비이용율과 작업 능력은 향상시켜야 한다. 이러한 시스템적 보완으로 자연재해나 설비열화로 발생할 수 있는 고장의 예방과 고장 시에는 신속한 복구가 가능해져야 한다.

##### 2.3 스마트그리드 구축 핵심 기술요소

현행 전력망을 스마트하게 구축하기 위한 4가지 기술적 요소는 첫째 송배전 전력망을 지능화하여 계통운영의 유연성을 확보하여야 하며, 두 번째는 다양한 분산 발전 원을 수용할 수 있어야 한다. 세 번째는 발전원별 특성을 고려하여 전력수요가 계절과 주야간에 따라 자동으로 변동될 수 있어야 한다. 마지막으로 전력소비를 최적화하여야 한다.



〈그림 2〉 스마트그리드 구성과 주요 어플리케이션

### 2.3.1 전력설비의 지능화

전력을 생산에서 공급하기까지 가장 중추적인 역할을 하는 것이 전력망이다. 따라서 전력망을 고장 없이 유지하며 고장 시 신속하게 복구하여 전력을 공급하는 것이 중요하다. 이러한 관점에서 전력망의 스마트화가 필요하며 주요 대상은 송배전설비와 계통운영시스템이다. 설비의 경우 송전에 필요한 첩담과 지지대 그리고 전선으로 구성된다. 변전은 전력용변압기와 개폐장치 그리고 보호 장치이다. 배전도 배전변압기와 개폐기, 전선 및 보호기기가 해당된다.

### 2.3.2 분산 발전원의 자동접속과 운전 안정화

송배전 전력망에 태양광이나 풍력 그리고 바이오메스 같은 신재생 발전원이 광범위에 분산되어 동시적으로 접속되었다가 탈락할 경우 기존 전력공급원과 보호협조 대응 지연으로 광역정전이 발생할 수 있다. 따라서 분산전원과 전력저장장치가 상용화[3]되어 전국적으로 사용할 시점에 대비한 전력계통과 자동접속과 모니터링이 이루어져 안정적인 계통운영이 되도록 하여야 한다.

### 2.3.3 전력수요의 자동 조절

생활 패턴에 따라 전력의 사용이 동시적으로 이루어지기 때문에 발전과 소비의 편차가 발생하게 된다. 즉 주간에는 대부분의 산업시설과 업무용 시설물이 동시작동에 가동되기 때문에 발전량이 증가하게 되지만 업무가 종료되는 야간에는 감소하게 된다. 이러한 편차를 줄여 발전소 건설비용과 운용 감소시키는 것이 중요하다. 주야간의 수요편차가 클수록 시설비용이 증가하고 이로 인해 전력요금의 인상이 불가피해져 산업 경쟁력과 국민 생활편의를 저해하기 때문이다. 따라서 신재생발전과 대용량 배터리에 의해 주야간의 전력수요의 편차를 조절할 수 있다.

### 2.3.4 전력소비 최적화

전력의 소비는 공공시설, 비즈니스 빌딩, 산업시설 그리고 가정에서 대부분 이루어진다. 전력의 소비가 생산과 동시에 이루어지는 특성을 고려할 때 필요한 시간에 적절한 양만큼 사용하게 하는 기술이 중요하다. 가정의 경우 전체 전력소비의 20%정도를 점유하고 있어 80%를 차지하고 있는 산업용과 일반용 설비를 우선 지능화하는 것이 타당하다. 가정에서는 태양광, 풍력, 전력저장장치를 부하와 연계하여 총괄 모니터링 하여 운전할 수 있는 장치를 통해 기상여건에 따라 소비를 최적화 할 수 있다.

### 2.3.5 인터페이스 장치

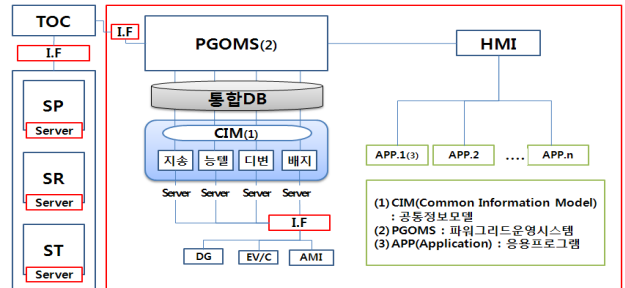
현재 운영되고 있는 전력망에 접속되고 있는 외부 장치는 부하설비가 대부분이고 전원발전시설이나 전력저장장치는 극히 소량이다. 향후 신재생 발전 원과 배터리 저장장치 그리고 전기자동차나 전기주택과 같은 새로운 지능형 전력소비설비가 증가하게 되면 전력망의 안정적 운전에 큰 영향을 미치게 된다. 출력의 과소, 과다 또는 전기품질상태가 기존 전력망 운영에 영향을 주지 않도록 시스템적으로 대응이 요구된다.

### 2.3.6 어플리케이션 프로그램

스마트그리드는 전력망과 연계된 설비는 센서에 의해 모니터링하면서 개폐기를 통해 최적상태로 운영할 수 있다. 센서로 수집된 자료는 데이터마이닝 기법을 이용하여 배전선로, 전력용변압기, 송전선로의 상태를 분석하고 효율적으로 운전할 수 있다. 각 설비별 부하의 불균형을 판단하여 최적분배가 가능하며 송배전손실도 이론 치에 근접된 값으로 최소화 가능하다. 또한 경년변화에 따라 열화상태의 추세를 분석하여 고장발생 대상기기를 예측할 수 있어 정전시간을 줄일 수 있음은 물론 특정기기의 고장 시 파장을 피해를 계산하여 발생 시에는 절차에 따라 신속하게 복구할 수 있다. 또한 전력망에 접속하려는 장치를 P&P형 인터페이스로 감지하여 자동으로 승인과 거절할 수 있으며 접속되는 전원규모를 계산하여 송배전계통을 재설정하고 최적 운영할 수 있다. 취득된 자료에 따라 전기품질을 모니터링 할 수 있어 규정된 전압을 유지할 수 있고 고조파와 같은 노이즈를 차단할 수 있어 기기의 수명연장과 오동작을 예방할 수 있다. 신재생발전원의 증가 시에도 기존 발전 원과 최적 연계운전 소프트웨어를 제공할 수 있어 화력발전량을 줄이게 되어 이산화탄소를 크게 감소할 수 있다.

### 2.3.7 스마트그리드 통합운영시스템

송배전망의 스카다와 배전자동화시스템은 전력회사에서 운영하고 있다. 태양광이나 풍력 등과 같은 신재생발전장치와 대용량 전력저장장치, 전기차 충전시스템 그리고 가정용 또는 산업시설용 EMS는 소유자가 관리하고 있다. 이러한 이유로 전력망과 연계하여 데이터의 공유와 운영이 쉽지 않다. 스마트그리드 환경에서 전력망과 연계되는 모든 시스템을 통합 운영 관리할 수 있는 송배전전력망 통합운영 및 관리시스템(PGOMS)이 필요하다. 이 시스템은 기존 전력망 운영시스템과도 연계운전이 가능하므로 최소한의 추가 투자로 송전, 변전, 배전 전력망을 통합운영 할 수 있다.



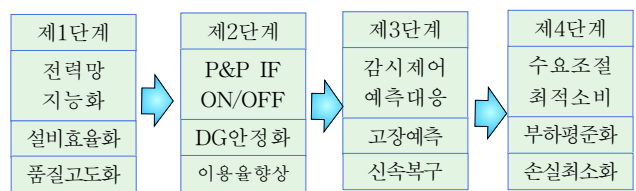
〈그림 3〉 스마트그리드 통합운영시스템과 연계 장치

### 2.3.8 엔터프라이즈 시스템과 스마트그리드 연계

전력사업은 수많은 고객정보와 송배전설비 그리고 소비자의 자체 전력공급 인터페이스 설비와 연계하여 운전된다. 이로 인해 전력회사는 크게 고객용 정보시스템(CIS)과 배전정보시스템(DIS)을 비롯해 자산관리와 영업운영 등 대규모 시스템이 상호 연동되어 운영된다. 특히 전기 자동차 충전시 충전요금과 CIS와 연동은 전기요금 청구의 단일화가 가능해지며, 배전설비의 경우 지능화된 부분과 DIS와 연계를 통해 현장설비의 내용연수별 유사고장의 발생을 예측하여 보수함으로써 고장을 감소시킬 수 있다. 그러나 전력업무용 시스템과 계통운영용 시스템의 통합운영 할 경우 막대한 비용이 요구되므로 전체 시스템간 자료의 연계를 통해 운영을 지능화 하는 것이 적절하다.

### 2.4 스마트그리드 통합운영시스템 구축 절차 및 동작 체계

스마트그리드는 먼저 전력망을 지능화하여 송배전설비와 운영시스템이 최적 상태로 운영되며 전력망에 외부장치가 접속할 경우 계통상황에 따라 대응할 수 있도록 구성한다. 제 2단계는 분산전원이나 전력저장장치가 접속될 경우 인터페이스 장치에 의해 분석, 판단하여 접속유무를 결정하게 한다. 이것은 주 장치에서 수많은 외부 자원의 접속을 판단하고 결정할 경우 시스템 규모가 커지거나 부하가 많아 걸려 속도가 지연될 수 있기 때문이다. 제 3단계는 감시제어를 통해 취득된 자료와 전력망을 연계하여 최적상태로 운전하고 상태판단으로 고장의 예측과 대응할 수 있도록 한다. 마지막으로 전원과 소비가 균형을 유지하여 전력계통의 부하평준화와 손실최소화로 수요조절과 최적소비를 유지시키도록 한다.



〈그림 4〉 스마트그리드 통합 운영시스템 동작 체계

## 3. 결 론

전력망을 지능화하여 운영하게 되면 설비고장의 예방과 고장 시 신속하게 복구함으로써 설비이용율의 향상과 안정적인 전력공급이 가능해진다. 또한 신재생발전과 같은 외부 전원의 계통연계 운영이 용이하고 고품질의 전력공급을 유지할 수 있으며, 대용량 전력 저장장치와 독립형 전원공급 장치는 추가적인 발전이나 송배전설비의 증설투자를 지연시킬 수 있다. 전력손실과 계통 최적운전이 가능해지므로 이산화탄소의 배출을 줄일 수 있는 장점이 있는 반면 투자비가 과다하게 소요되는 단점이 있다. 따라서 미래 전력산업의 발전을 위해 스마트그리드를 추진하면서 투자비를 최소화 할 수 있는 계통구성과 운영체계에 대해 지속적인 연구검토가 이루어져야 할 것이다.

### [참 고 문 헌]

- [1] 한국전력공사, "스마트그리드 기술로드맵 및 추진전략" p4, 2009
- [2] 기초전력연구원, "한국형 스마트그리드의 효율적 추진방안", p130, 2010
- [3] 한국전력공사, "그린뉴딜 시장환경에서의 전력그룹사 대응전략", p47, 2010