

## 마이크로그리드 도입 시 배전계통 계획에 대한 고찰

최인선, 최영준, 박중성, 신혜경  
(주)효성 중공업연구소

### Introduction of Distribution system planning for Microgrids

In-Sun Choi, Young-Jun Choi, Jung-Sung Park, Hye-Kyeong Shin  
Hyosung Co. Power & Industrial R&D Center

**Abstract** - 중국, 인도의 경제 발전 등의 요인으로 인해 고유가 시대가 계속될 것으로 전망되고 있으며, 기후 환경 문제로 인해 신재생 에너지 사업이 큰 부가가치를 지닌 사업으로 부각할 것이다. 이에 분산전원에 대한 관심도는 커지고 있으나, 분산전원이 계통에 연계되기 위해서는 해결해야 할 문제가 너무 많다. 이를 해결할 수 있는 방안으로 마이크로그리드에 대한 관심이 지속되고 있으며 많은 연구가 진행되고 있다. 본 논문에서는 기존의 배전계통 계획 기법에 대해 분석하고, 마이크로그리드가 도입되기 위해서 배전계통 계획 시 고려해야 할 점에 대해 논하였다.

### 1. 서 론

현대문명의 중심에는 석유가 있으며, 석유는 말로 표현할 수 없을 정도로 중요한 자원이다. 신이 내린 선물, 검은 황금, 생명수 등 석유에 대한 상투적인 표현들이 오히려 진부하고 부적절하게 느껴질 정도이다. 석유는 현대 문명의 모든 분야에 스며들어 있으며, 지구상의 모든 개인과 사회, 국가의 삶의 질은 석유가 기반인 에너지와 관련이 있다[1]. 그러나 석유를 사용하기 위해서 인류가 받아들여야 할 위험은 크게 세 가지로 분류할 수 있다. 첫째, 석유는 세계의 경제 안보를 위협한다. 대체자원이 개발되지 않은 한정된 자원이기 때문이며, 수요와 공급 간의 격차가 점점 커지고 그로 인해 세계경제가 심각한 타격을 입을 수 있기 때문이다. 둘째, 상품으로서 석유의 가치는 시민들의 안보를 취약하게 만든다. 석유는 많은 지역에서 평화와 질서, 인권, 민주주의를 환란에 빠뜨리고 있다. 셋째, 석유는 기후의 안정성을 깨뜨리고 있다. 전 세계 온실가스 배출량의 가장 많은 부분을 석유가 차지하고 있는데다가 사용마저 늘고 있기 때문이다. 한마디로 예전의 석유는 인간의 안보에 도움이 되었지만, 지금은 오히려 세상을 더 위험하고 취약한 곳으로 만들고 있다[1]. 이에 우리나라 에너지산업이 석유 중심의 패러다임에서 벗어나지 못하여, 세계적인 고유가와 CO<sub>2</sub> 절감 등의 환경 변화에 적극적으로 대응하지 못할 경우 경제 발전 및 경쟁력 강화에 어려움을 겪게 될 우려가 있다.

미국의 실리콘 벨리의 산업구조는 현재 신재생 에너지 기업들로 전환되고 있다. 마이크로소프트사의 회장인 빌 게이츠는 바이오 에탄올 공장 5곳에 8,400만 달러를 투자하고 있으며, 인터넷 기업인 구글사 역시 태양전지기업에 적극 투자하고 있다. 또한 벤처 캐피탈과 사모펀드들이 신재생 에너지 분야에 적극적인 투자를 진행하고 있다[2].

우리나라에서도 새로운 대응정책으로서 에너지를 산업, 제조업으로 보는 발상의 전환이 필요하다고 생각한다. 미국의 실리콘 벨리의 사례에서 보듯이 우리나라도 이와 같은 패러다임의 변화에 따른 정책의 변화가 적극적으로 이뤄져야 할 것이다. 이에 부응한 에너지 비즈니스로는 에너지 절약 서비스(ESCO) 산업, CO<sub>2</sub> 배출권거래 산업, 신재생 에너지 산업이 대표적이다. 이 산업들은 현재 사업이 진행되고 있으나, 많이 보급되지 못한 상태이다. 그러한 문제 중에 하나가 전력회사가 신사업에 대한 민간의 참여에 보수적인 관점에서 진입장벽을 치고 있는 것이 사실이다. 이는 신사업의 핵심 요소인 분산 전원의 배전 계통 연계 시 일어날 수 있는 신뢰도 문제에 대한 책임 소재가 불명확하고, 기존 설비의 변경 등 설비 투자에 대한 비용이 발생하는 문제 때문이다.

이에 마이크로그리드의 도입이 이런 문제의 해결 방안으로 대두되고 있다. 마이크로그리드의 분산전원 형태는 태양광, 풍력 및 연료전지발전 등을 포함하여 가스엔진, 마이크로터빈, 스텔링엔진 등 소규모 열병합발전이 포함될 수 있으며 전원방식으로는 전력전자기술을 이용한 인버터 기반의 발전과 기존의 동기발전기 기반의 발전이 포함될 수 있다[3].

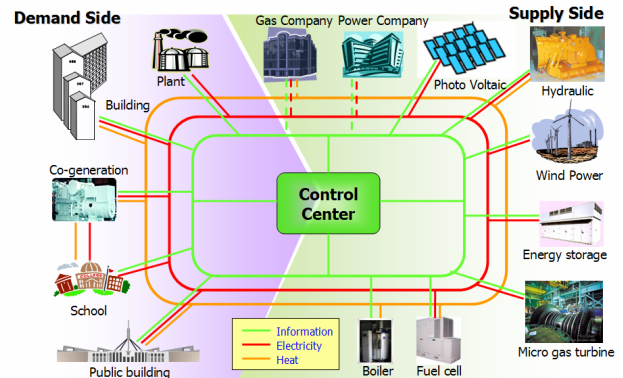
이에 마이크로그리드는 신재생 에너지의 보급 확대에 기여할 수 있으며, 에너지 절약 서비스 사업도 포함하고 있다. 또한 앞으로 정부 정책의 변화가 담보된다면 민간의 CO<sub>2</sub> 배출권거래 산업에 중심이 될 것으로 사료된다. 추후 마이크로그리드는 분산전원의 기술 발달과 CDM 사업 등 새로운 에너지 비즈니스 시장 도입으로 인해 경제성은 장점이 될 수 있

으나, 기존 계통에 새로운 시스템이 추가되는 것이므로 신뢰도 면에서는 문제가 될 수 있다. 이에 마이크로그리드를 도입한 배전계통 계획 시에는 경제성과 신뢰도를 동시에 고려하는 방식이 필요하다.

### 2. 본 론

#### 2.1 마이크로그리드란?

마이크로그리드란 소규모의 분산전원과 제어 가능한 부하의 집합체로 구성되어 분산전원과 부하(전기, 열)를 효율적으로 운영 관리하는 시스템으로 전력회사의 상용 계통에서 독립하여 운전하거나 계통 연계 운전이 가능한 On-Site 에너지 공급 시스템이다.



<그림 1> 마이크로그리드의 구성

#### 2.1.1 분산전원의 계통 연계 시 계통에 미치는 영향

분산전원은 열과 전기를 모두 사용하는 열병합 발전과 같은 형태로 에너지 효율 향상이 가능하며, 신재생 에너지와 같이 CO<sub>2</sub> 저감을 통해 환경 문제를 해결함과 동시에 새로운 사업이 될 수 있다. 또한 입지조건 제약이 적고 건설기간이 짧으며, 건설비용의 절감 및 전력품질 및 신뢰도 향상에서 장점을 얻을 수 있다. 하지만 전압변동, 고조파, 전력품질 저하, 단락용량의 증대 등과 같은 문제를 안고 있는 것이 사실이다.

#### 2.1.2 마이크로그리드의 장점

마이크로그리드는 그 설계에 따라 에너지 효율 증대, CO<sub>2</sub> 저감, 공급 신뢰도 향상 등의 장점을 가질 수 있으며, 운영 시스템을 통해 경제성을 향상시키고 시스템의 효율적인 관리를 할 수 있다. 또한 기존의 독점 체제의 전력산업에서는 새로운 전원 및 송전선로 건설에 소모된 자본의 회수가 보장되어 있었으나, 앞으로 시장경쟁 체제로 변화하게 된다면 전력회사의 투자자본 회수가 불투명해지므로 수요의 변화에 빠르게 대응하여 짧은 기간에 설치를 완료하고 수익을 올릴 수 있는 분산전원이 배전계통에 마이크로그리드를 통해 보급될 것이다. 또한 분산전원의 설치 비용이 적어질수록, 기존 설비의 입지 확보 문제, 송전선로 건설의 불필요 및 폐열의 활용 등으로 기존 대형 발전소보다 마이크로그리드가 경제성이 높아질 것이다.

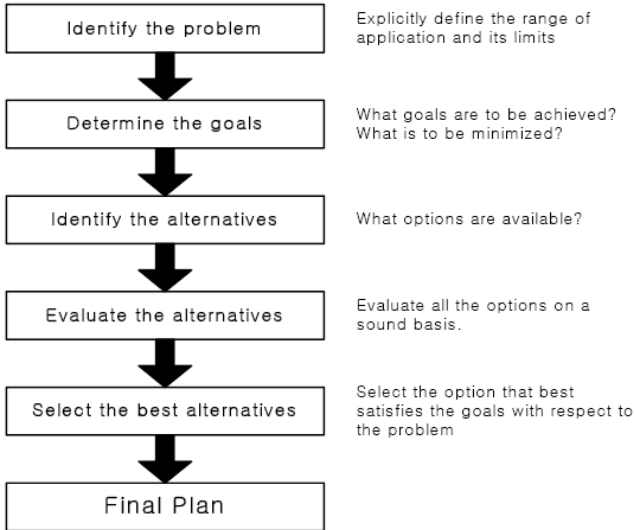
#### 2.1.2 마이크로그리드의 단점

마이크로그리드는 지역 부하의 공급신뢰도 혹은 전력품질을 향상시킬 수 있는 것은 사실이나, 계통의 공급신뢰도와 전력품질을 저해할 수 있다. 또한 단락용량의 증대로 인해 보호기기의 오동작 및 부동작의 가능성이 높아져 보호협조에 문제를 일으킬 수 있다. 또한 계통에 추가될 수 있는 마이크로그리드의 용량은 한계가 있다. 이에 한계를 넘게 된다면

계통의 추가 신설이 불가피하며, 이로 인해 전체적인 비용은 더 증대될 수도 있으므로 초기의 배전계통 계획에서 이러한 점을 고려해야 하므로 계통 계획의 복잡성을 야기 시킨다.

## 2.2 배전 계통 계획 기법

배전 계통 계획 기법은 부하 예측 치를 만족할 계통의 신설 혹은 장비 설치를 계획하는 것이다. 이에 전력회사의 계획은 전력회사의 목적을 달성하기 위해 미래의 자원과 행동에 대한 최상의 계획을 찾는 과정이라고 할 수 있다. 일반적으로 계획에 대한 주요 관심사는 비용의 최소화, 이익의 극대화화 같은 재정적인 문제이다. 그러므로 계획은 여러 대안을 세우고 그 중에서 최상의 선택을 하는 것인데, 이러한 계획 과정은 <그림2>와 같이 5단계로 나눌 수 있다[4].



<그림 2> 5단계의 계획 과정

### 2.2.1 한전의 배전계통 계획

한전에서는 직전 년도 최대 부하를 토대로 용량 한계 및 전압강하, 선로 길이 등 통해 신규 투자에 대한 기준을 수립하고 있다. 이러한 기법은 피크부하 예측의 불확실성으로 인해 과도한 투자로 이어질 수 있다. <표 1>은 한전의 배전선로 회선 신설 투자 우선순위 평가 기준이다.

<표 1> 배전선로 회선신설 투자 우선순위 평가 기준

| 평가항목            | 가중치       | 적용율                      |   |  |  |
|-----------------|-----------|--------------------------|---|--|--|
| 기설선로 운전전망 (50)  | D/L부하     | 25                       | 10,000kW이상 : 1.0<br>9,000kW이상 : 0.9<br>7,000kW이상 : 0.8<br>7,000kW미만 : 0.7 |  |  |
|                 |           | 전압강하                     | 15  | 10% 이상 : 1.0<br>8% 이상 : 0.9<br>7% 이상 : 0.8<br>7% 미만 : 0.7                |  |
|                 |           |                          | 연계력   | 9  | 미연계 : 1.0<br>1연계 : 0.9<br>2연계 : 0.7<br>3연계 이상 : 0.5          |
|                 |           |                          |   | 1  | 타변전소 연계<br>미연계 : 1.0<br>1연계 : 0.8                            |
|                 | 투자효과 (30) | 초기부하                     | 10  | 5,000kW이상 : 1.0<br>3,000kW이상 : 0.9<br>2,000kW이상 : 0.7<br>1,000kW이상 : 0.5 |  |
|                 |           |                          | 투자규모 (억원/회선)  | 10   | 0.5 미만 : 1.0<br>1.0 이상 : 0.9<br>1.5 이상 : 0.8<br>2.0 이상 : 0.7 |
| 운전기준 초과선로 해소    |           | 10                       | 3개 이상 : 1.0<br>2개 : 0.9<br>1개 : 0.8                                       |  |  |
| 사업소 투자우선순위 (10) | 10        | 1 순위 : 1.0<br>2 순위 : 0.8 |   |  |  |

|          |     | 3 순위 이하 : 0.6                            |
|----------|-----|--|
| 부하특성 (5) | 5   | 중요수용 : 1.0<br>공단수용 : 0.8<br>기타수용 : 0.6   |
| 지역구분 (5) | 5   | 특별·광역시 : 1.0<br>중소도시 : 0.8<br>기타지역 : 0.6 |
| 계        | 100 |  |

### 2.2.2 마이크로그리드의 도입 시 고려해야할 점

마이크로그리드는 분산전원의 운전과 부하 상태에 따라 배전계통은 전력의 수요와 공급 특성을 동시에 보이게 될 것이다. 또한 소비자와 근접해 설치되기 때문에 배전계통에 연계되어 설치될 것이다. 그러므로 마이크로그리드의 도입을 위해서는 기존 계통의 전력품질이나 신뢰도에 영향을 최소화하여야 하며, 계통의 보호협조 등 운용상의 문제도 없도록 해야 한다. 이를 위해서는 배전계통 계획 시 마이크로그리드에 대해 고려를 해야 하며, 그 고려 사항은 다음과 같이 크게 5가지로 나눌 수 있다.

#### ① 공급 신뢰도

신뢰도 문제는 전압, 주파수, 고조파, 상불평형 등과 같은 전력품질의 문제와 호당 정전시간, 정전회수, 호당 평균 정전 시간 등과 같은 전력신뢰도 그리고 지역 부하에 전력 신뢰도 향상을 기여할 수 있으나, 계통 전체의 신뢰도에 부정적인 영향을 미칠 수 있는 단독 운전 문제로 구분된다. 이러한 공급 신뢰도 문제는 단기 운영의 문제보다는 장기적인 계획과 투자를 통해 해결해야한다. 그러므로 마이크로그리드의 도입을 위해서는 경제성과 신뢰도를 동시에 고려하는 계획 방식이 필요하다.

#### ② 보호협조

마이크로그리드의 계통 연계로 인해 단락용량이 증대되어 보호협조에 문제를 일으킬 수 있다. 이에 보호기기의 추가 혹은 변경으로 인해 많은 추가 비용이 발생할 수 있으므로, 이에 대한 고려가 필요하다.

#### ③ 마이크로그리드 용량 한계

전력회사의 민영화와 투자자본 회수를 위해 마이크로그리드의 보급이 많아지게 된다면, 계통의 받아들일 수 있는 마이크로그리드 수용 용량이 넘어설 수 있다. 이를 해석하기 위해서는 여유도 분석, 단락 용량 분석 등의 전력계통 해석 기법과 장기적인 계획 기법이 필요하다.

#### ④ 계통 연계점

마이크로그리드의 계통 연계점에 따라 그 계통의 전력품질, 단락용량 등이 많은 차이가 발생한다. 계통의 장비 추가 혹은 변경 비용과 계통 추가 비용 등을 비교하여 최적의 계통 연계점을 찾아야 한다.

#### ⑤ 장기 계획법

기존의 배전계통 계획 기법은 단기 계획만을 고려하고 있으나, 마이크로그리드는 분산전원의 추가로 인해 장기 계획에 영향을 줄 수 밖에 없다. 이에 5년~25년의 미래를 대비해 새로운 송전선로와 변전소 그리고 발전소의 설비를 계획하는 것과 마이크로그리드를 설치함으로써 나타나는 경제적인 부분을 비교 분석하여 계통에 불확실한 미래의 변화에 대처할 수 있도록 해야 할 것이다.

## 3. 결 론

지난 20년간 세계 에너지·환경문제 중에서 가장 중요한 이슈는 기후 변화 문제이며, 이 현상은 범지구적이며, 이로 인한 파급효과는 장기간에 걸쳐 발생한다. 또한 지구촌 경제의 규모는 계속 커지고 있으나, 석유는 대체자원이 개발되지 않은 한정된 자원이기 때문에 고유가의 시대가 점점 다가오고 있다. 그러므로 신재생 에너지를 포함한 분산전원에 대한 관심이 지속되고 있으나, 분산전원을 현재 시스템에 도입하기 위해서는 전력품질, 전압변동, 단독운전 등 신뢰도 문제를 해결해야 한다. 이에 마이크로그리드는 신재생 에너지의 보급 확대와 에너지 절약 그리고 빠른 수요에 대처할 수 있는 시장 적응성을 장점으로 많이 보급될 것이다. 그러므로 배전계통 계획 시 마이크로그리드를 포함한 계획 기법이 필요할 것이다.

### [참 고 문 헌]

- [1] 토마스 프루프 외, “석유 경제의 전환”, 지구환경보고서 2005, p.145, 2005년
- [2] 손재익 외, “세계 에너지환경변화와 한국 에너지·환경 기업의 발전 전략”, p.35, 2007년
- [3] 안중보 외, “자율적 수요관리형 MicroGrid 개발”, p.29, 2005년
- [4] 기초전력연구원, “분산전원 도입에 따른 복합배전계통 운영에 관한 연구”, p.165, 2004년