

## 마이크로그리드 시스템의 계통 재연계에 관한 기초연구

**하광호\***, 윤창대\*, 유현재\*, 장성일\*\*, 강용철\*\*, 최정환†, 박용업††, 하경재\*\*\*, 최영관\*, 신명철\*  
 성균관대학교\*, 전북대학교\*\*, 경남대학교\*\*\*, 한국아이디디엔지†, 한국전력공사††

### A Basic Study on the Grid Re-connection of Micro-Grid

K. H. Ha\*, C. D. Yoon\*, H. J. Yoo\*, S. I. Jang\*\*, Y. C. Kang\*\*, J. H. Choi†, Y. U. Park†, K. J. Ha\*\*\*, Y. K. Choi\*, M. C. Shin\*  
 SungKyunKwan University\*, ChonBuk University\*\*, KyungNam University\*\*\*, Hankookied Eng†, KEPRI††

**Abstract** - 마이크로그리드는 소형 분산 에너지원(MicroSource)으로 이루어진 분산전원망의 총칭으로 다수의 수용가들을 위하여 수요지에서 전력을 생산 및 공급하는 기술로 기본적으로 여러 수용가의 부하 및 분산발전기들이 하나의 덩어리를 형성하게 되는 새로운 개념의 배전망이다. 계통과 분리하여 운전이 가능한 마이크로그리드는 계통 연계 시 과도현상을 줄이기 위해 연계지점의 전압, 주파수, 위상을 일치하여 투입되어야 한다.

본 논문에서는 마이크로그리드 계통 재연계 시 과도 특성을 모의한 결과를 제시하였다. 전력계통과의 분리 후 MicroSource의 전압의 크기, 주파수 및 위상을 제어하여 전력계통에 재연계하여 과도현상을 모의하는 기초연구를 진행 하였다.

### 1. 서 론

지구환경오염 문제와 에너지 확보의 관점에서 풍력, 태양광 및 연료전지 등의 신(新)에너지를 이용한 분산형 전원에 대한 연구가 오래전부터 꾸준히 진행되고 있다. 또한, 미래의 전력시스템은 전력 에너지가 자유롭게 발전, 송전, 배전되고 소비되는 다목적이며 유연한 시스템이 될 것이라고 전문가들은 예측하고 있다. 이에 따라 새로운 전력공급시스템인 마이크로그리드가 적용될 것으로 예상된다[1].

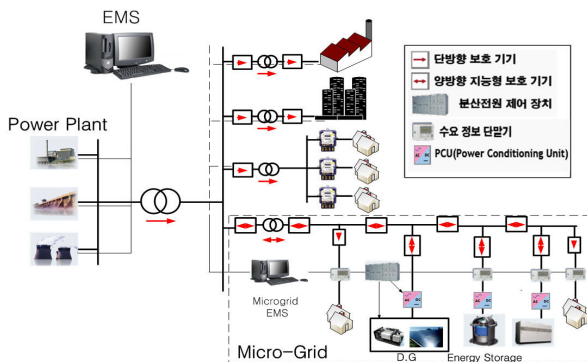
마이크로그리드는 소규모, 모듈화 된 분산발전시스템이 저압 배전망에 연결되어 기존의 전력망에 연계 운전될 수도 있으며, 자율적으로 독립 운전도 가능한 새로운 형태의 전력시스템이다. 또한 마이크로그리드는 분산형 전원을 단독으로 기존의 전력계통에 접속하는 것이 아니고 복수의 분산형전원이나 부하를 하나로 모아 일괄 관리하는 것으로, 일정한 수준의 전력품질을 유지할 수 있도록 하고 기존의 전력계통에 연결하여 양자가 공생할 수 있는 것을 목적으로 한다[2]. 또한 다수의 MicroSource로 구성된 마이크로그리드는 MicroSource의 특성에 따라 계통 재연계시 각각 다른 과도현상을 나타낸다.

본 논문에서는 PSCAD/EMTDC를 이용하여 동기기 2대를 MicroSource로써 사용하는 마이크로그리드를 모델링하였으며 전력계통과의 분리 후 MicroSource의 전압의 크기 및 위상을 제어하여 전력계통과의 재연계시 과도현상을 모의하는 기초적 연구를 진행하였다.

### 2. 본 론

#### 2.1 MicroGrid 개념도

아래의 그림1은 마이크로그리드의 개념도로서 시스템의 구성요소들을 잘 나타내어 주고 있다.



〈그림 1〉 마이크로그리드 개념도

먼저, 분산전원으로서 연료전지, 풍력, 태양광, 마이크로터빈 등 에너지원과 전력변환장치인 컨버터 및 인버터로 구성된다. 또한 이러한 분산전원장치들은 RTU(Remote terminal Unit)를 통해서 중앙제어장치인 EMS(Electronic Management System)에 연계되며 마이크로그리드의 운영에 필요한 제어와 보호기능을 하게된다. 그리고 전력 변환장치와 배전계통사이에 연결된 연계 보호 장치는 분산전원의 배전계통 연계에 필수적인 보호기능을 담당하게 된다[3].

또한 마이크로그리드의 구조는 전력과 열을 동시에 공급하는 하나의 시스템으로서 부하와 MicroSource의 집합체로 가정한다. 대부분의 MicroSource는 하나의 집합체로서 제어, 운전되는 것을 보장하는 유연성을 갖는 전력전자장치 기반의 구조로 되어야 한다. 이러한 유연성은 Bulk 전력시스템에서 보면 하나의 제어 가능한 단위로 보이며, 또 각 MicroSource는 Plug-and-Play의 단순성을 보유하며 수용가의 요구를 충족할 수 있다. 마이크로그리드 구조의 핵심은 각 MicroSource의 인터페이스, 제어 및 보호 측면의 요구조건 뿐만 아니라 마이크로그리드의 전압제어, 조류제어, 단독운전시의 부하분담, 보호, 안정도 및 전체적인 운전기능이다[1].

#### 2.2 분산전원 국내 연계기술 기준

일단 고장 복구가 되면 마이크로그리드를 계통에 동기화하여 재투입하는 과정이 필요하다. 이상적으로는 이런 재연계는 계통이 사고 이전에 분리했던 부하를 재접속하고 안정화되는 그 후에 일어나야 하며 수초-수분 정도의 시간지연이 요구된다. 마이크로그리드는 분리스위치 양단의 전압을 검출하여 계통과 동기화할 수 있는 제어 수단을 갖추어야 한다. 계동기화와 재투입을 자동적으로 혹은 수동적으로 할 것인가는 마이크로그리드와 계통의 특성에 따른다.

##### 2.2.1 동기화

분산전원발전설비는 연계하고자 하는 지점의 계통전압이 ±4%이상 변동이 되지 않도록 계통에 연계하여야 한다. 태양광발전설비의 계통연계 병렬장치를 투입하는 순간, 분산형 전원 발전설비와 연계하고자 하는 계통사이의 주요 제한 변수가 다음 표 1의 값 이하이어야 하며, 만일 주요 3개의 제한 변수 중 어느 하나라도 다음 표 1의 값을 초과하면 분산형 전원 발전설비의 계통 병렬장치를 투입하여서는 안 된다[4,5].

〈표 1〉 발전설비와 계통사이의 주요제한 변수

발전용량 합계 (KVA)	주파수 차 (Δf, Hz)	전압 차 (ΔV, %)	위상각 차 (ΔΦ, °)
0~500	0.3	10	20
500~1,500	0.2	5	15
1,500~10,000	0.1	3	10

##### 2.2.2 전압변동

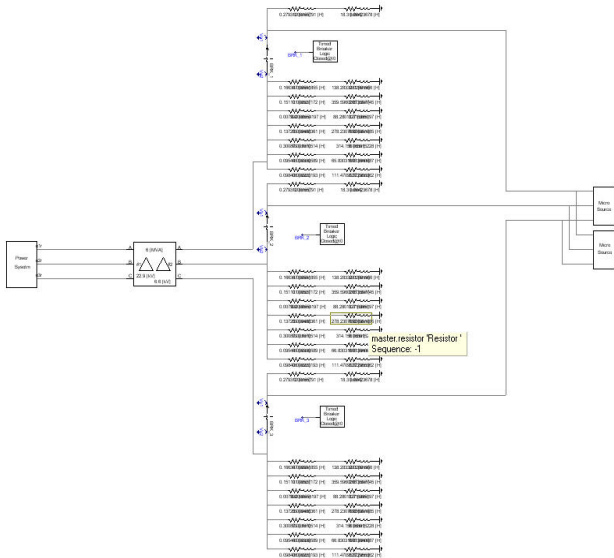
분산전원 발전시스템이 공통접속점에서의 전압을 능동적으로 조절하지 않도록 하며, 해당 수용가의 전압과 해당 발전설비로 인하여 기타 수용가의 표준준정 지점에서의 전압이 표 2의 표준전압에 대한 전압유지범위를 벗어나지 않도록 한다[4,5].

〈표 2〉 표준전압의 전압유지범위

표준전압[v]		전압유지범위[v]
특고압	13,200 / 22,900	12,000 - 13,800 / 20,800 - 23,800
저압	110	104-116
	220	207-233
	380	342-418

## 2.3 MicroGrid 모델링

그림 2는 PSCAD/EMTDC를 이용한 마이크로그리드의 모델로써 6.6kV급 동기기 두 대가 MicroSource로 사용되었으며 이들은 모두 자체부하를 가지며 22.9kV의 배전선로에 연계되어 있다. 동작순서는 MicroSource가 2초 후에 부하와 연결되고, 마이크로그리드는 계통으로부터 18초 후에 분리되어 독립운전을 하며, 연계지점의 전압, 주파수, 위상을 제어하여 29초 후에 재연계가 되도록 하였다. 계통 재연계시 과도 특성을 모의 한 결과를 전압과 위상을 조절 후 연계한 경우와 임의의 순간에 연계한 경우로 나누어 나타내어 비교하였다.

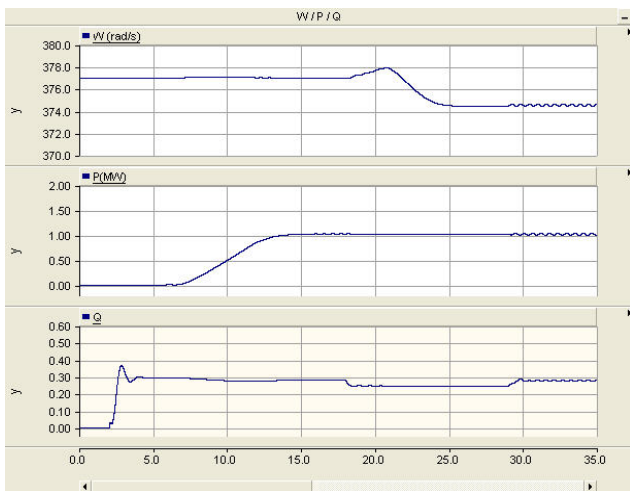


〈그림 2〉 PSCAD/EMTDC를 이용한 MicroGrid 모델링

## 2.4 MicroGrid 계통 재 연계 시 과도 특성 모의

### 2.4.1 전압, 위상 조절 후 연계

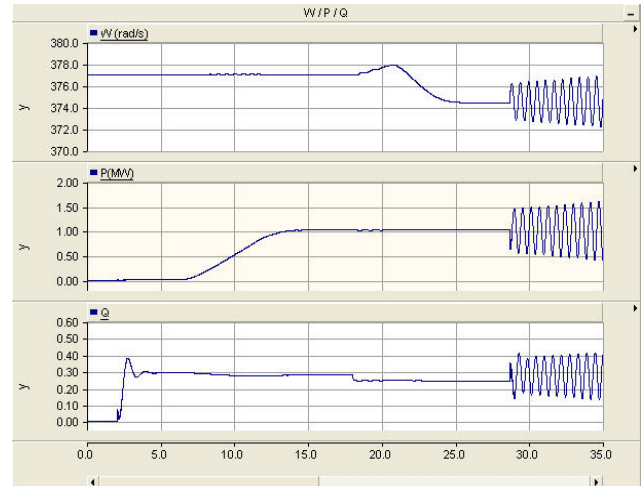
다음 그림 3은 마이크로그리드의 전압과 위상을 조절 후 재연계가 알맞게 이루어진 경우의 주파수, 유효전력, 무효전력 파형을 나타낸다. 최초 마이크로그리드는 계통과 연계되어 60Hz로 정상운전을 하며 18초 후에 전력계통과 분리된다. 이때 MicroSource의 유효전력은 맥동하다 시간이 경과함에 따라 정상점을 찾아 수렴하고, 주파수는 상승하다 하강하는 모습을 볼 수 있다. 재연계 되는 시점인 29초 후에는 계통과 MicroSource의 다른 특성으로 인한 작은 맥동이 나타나지만, 시간이 경과 하면서 점차 안정된 값으로 수렴하는 것을 확인 할 수 있다.



〈그림 3〉 전압, 위상 조절 후 재연계한 경우의 주파수, 유효전력, 무효전력 파형

### 2.4.2 임의의 순간 연계

다음 그림 4는 전압과 위상을 조절하지 않고 임의의 순간에 연계하여 마이크로그리드의 재연계가 잘 되지 않은 경우의 주파수, 유효전력, 무효전력 파형을 나타낸다. 재연계되는 시점인 29초 후 전압과 주파수는 심한 변동 폭을 가지며 그 폭이 점점 커지면서 수렴이 되지 않고 발산하는 것을 확인 할 수 있었다. 이처럼 계통의 전압의 크기와 위상을 고려하지 않고 재연계 할 경우, 분산전원 연계 기술 기준에 적합하지 않을 뿐만 아니라 결국에는 MicroSource가 탈조되는 것을 확인할 수 있다.



〈그림 4〉 임의의 순간에 재연계한 경우의 주파수, 유효전력, 무효전력 파형

## 3. 결 론

본 논문에서는 소규모, 모듈화 된 분산발전시스템이 기존의 배전망에 연계되어 운전될 수도 있으며, 자율적으로 독립운전도 가능한 새로운 형태의 전력시스템인 마이크로그리드를 PSCAD/EMTDC로 모델링 하였고, 계통과 분리 후 재연계시 과도현상을 모의하기 위하여 두 가지의 경우로 나누어 살펴보았다. 첫째는 MicroSource의 전압의 크기 및 위상을 제어하여 연계한 경우와 둘째는 임의의 순간에 연계한 경우를 나누어 분석하였다. MicroSource의 특성을 고려하여 연계지점의 전압, 주파수, 위상을 일치시켜 재연계하는 것이 우선적으로 고려되어야 과도현상을 줄일 수 있으며, 정상상태 도달 시간 또한 단축되는 것을 확인 하였다. 향후 각각의 다른 특성을 가진 여러 개의 MicroSource로 구성된 마이크로그리드의 재연계시 과도현상에 관한 연구가 완성되어야 할 것이다.

## [참 고 문 헌]

- [1] 안종보, 유동욱, 박준호, "Development of Autonomous Demand-Management Type MicroGrid", 한국전기연구원, 2006
- [2] 김영섭, "Micro-Source의 계통연계를 위한 모델링 및 제어", 동의대학교대학원 석사학위청구논문, 2004년
- [3] 대한전기협회, "신에너지전원과 전력네트워크를 연결하는 - 마이크로그리드" 전기저널(electric), 341, pp.48-51, 2005
- [4] 한국전력공사 배전처, "분산형 전원 배전계통 연계 기술기준" 한국전력공사, 2004
- [5] 한국전력공사 배전처, "분산형 전원 배전계통 연계 기술기준" 한국전력공사, 2007.04.17 개정판
- [6] KWang-Myuong Son, Kye-Byung Lee, "A Study On the Stability of Micro-Grid System", Journal of the Korean institute of illuminating and electrical installation engineers, 21(7), pp.46-53 August 2007