

## 마이크로그리드 시스템의 의도적 독립 운전 전략에 관한 기초 연구

유현재\*, 윤창대\*, 하광호\*, 장성일\*\*, 강용철\*\*, 최정환†, 박용업††, 최영관\*, 권명현\*\*\*, 신명철\*  
 성균관대학교\*, 전북대학교\*\*, 여주대학교\*\*, 한국아이디이엔지†, 한국전력공사††

### A basic study on strategy of microgrid operation under intentional islanding

H. J. Yoo\*, C. D. Yoon\*, K. H. Ha\*, S. I. Jang\*\*, Y. C. Kang\*\*, J. H. Choi†, Y. U. Park††, M. H. Kwon\*\*\*, Y. K. Choi\*, M. C. Shin\*  
 Sungkyunkwan University\*, Chonbuk University\*\*, Yeosu Institute of Technology\*\*\*, Hankookied Eng†, KEPRI††

**Abstract** -마이크로그리드는 소규모, 모듈화 된 분산전원이 배전망에 다수 보급되어 충분한 발전량을 가지고 부하에 전력을 공급하게 되며 계통사고나 정전 등에 의해 배전계통에서 분리될 때는 고립운전 혹은 독립운전(islanding operation)이 가능한 분산발전과 부하가 혼재된 하나의 독립적인 전력망으로 정의 된다.[1]  
 본 논문은 마이크로 그리드 시스템의 의도적 독립운전 시 발전량과 부하량의 관계에 따른 계통 영향에 대해 연구하였다.

#### 1. 서 론

산업혁명 이후 우리가 사용하는 에너지의 95%가 석탄이나 석유와 같이 화석연료로부터 얻어지고 있다. 그러나 가까운 미래에 화석연료가 고갈 될 것이라 보고되고 있다. 또한 화석연료는 탄소 화합물 등의 온실효과를 불러일으키는 환경 오염물질을 배출한다. 최근에 화석에너지를 대신할 수 있는 대체 에너지에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 대체에너지원으로는 바이오에너지, 풍력에너지, 열병합발전, 연료전지, 석탄액화, 석탄가스, 해양에너지, 폐기물 가공 연료 등이 있다. 이들 대체에너지들은 분산전원으로 계통에 연계되어 발전된 전력을 계통으로 공급한다.

대부분의 분산전원들은 기존 계통에 연계할 경우 송배전 설비를 저감할 수 있고 건설기간이 짧아지며, 침투부하에 대한 대응성이 높은 등 많은 기술적 환경적 경제적 이득을 얻을 수 있다. 특히 여러 분산전원으로 이루어진 마이크로그리드는 계통 고장 시에 계통으로부터 분리되어 단독으로 전력을 계통으로 공급할 수 있다. 마이크로그리드의 단독 운영을 위해서는 적절한 발전량과 이에 대응하는 부하량이 필요하다. 발전량과 부하량 사이에 차이가 발생할 경우 정상적인 단독 운전이 불가능하므로 경우에 따라서 분산전원의 출력을 늘리거나 부하를 절제하는 기법이 요구된다.

본 논문에서는 마이크로그리드의 단독운전 특성에 대한 모의 결과를 제시하였다. PSCAD/EMTDC를 이용하여 마이크로그리드를 모델링 하였으며, 마이크로그리드의 단독 운전 시 발전기의 발전량과 부하량의 차이를 달리 하였을 때 나타나는 현상을 모의하였다. 모의 결과를 이용하여 분산전원이 발전하는 전력량과 부하의 전력 요구량의 관계에 따른 계통의 상황 분석하였으며 이를 통해 마이크로 그리드의 독립 운전 시 발전량과 부하 량에 따른 계통 운영에 대해 논의하였다.

#### 2. 본 론

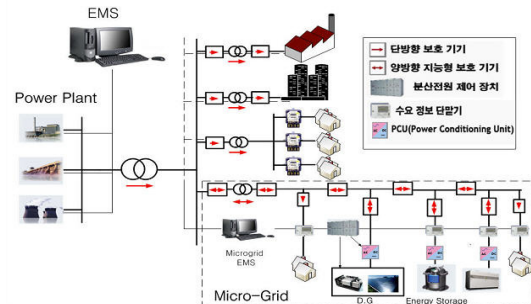
##### 2.1 마이크로그리드 시스템

마이크로그리드는 아직 명확하게 정의된 개념이 아니고 정의하는 주체나 목적에 따라서 약간은 다르게 정의되고 있다. 대표적인 마이크로그리드의 공통적인 정의는 소규모, 모듈화 된 분산전원이 배전망에 다수 보급되어 충분한 발전량을 가지고 부하에 전력을 공급하게 되며 계통사고나 정전 등에 의해 배전계통에서 분리될 때는 고립운전 혹은 독립운전(islanding operation)이 가능한 분산발전과 부하가 혼재된 하나의 독립적인 전력망으로 정의할 수 있다.

분산전원의 형태는 태양광, 풍력 및 연료전지발전을 포함하여 가스엔진, 마이크로터빈 스텔링엔진 등 소규모 열병합 발전이 포함될 수 있으며 전원 방식으로서 전력전자기술을 이용한 인버터기반의 발전과 기존의 동기발전기 기반의 발전이 포함될 수 있다. 그러나 보다 중요한 기술적인 요인은 제어성과 응답성이 매우 빠른 전력전자기술 기반의 인버터 기술과 고속의 통신 및 제어기술의 발전에 힘입은 바가 크다

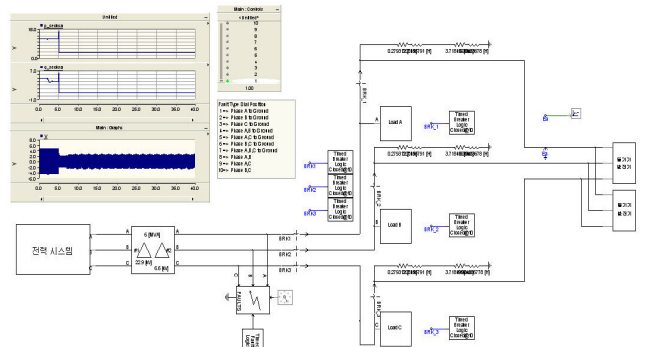
그림1.1은 마이크로 그리드 시스템을 나타낸 것으로서 중앙제어장치인 마이크로그리드 EMS에 연계되어 마이크로그리드의 운영에 필요한 제어와 보호기능을 하게 되고 전력변환장치와 배전 계통사이에 연결된 연계보호장치(interface protection)는 분산전원의 배전계통 연계에 필수적

인 각종 보호기능을 담당하게 된다. [1]



<그림 1.1 마이크로그리드 개념도>[2]

##### 2.2 PSCAD/EMTDC를 이용한 마이크로그리드 모델링

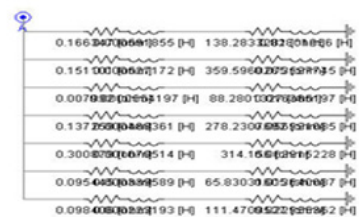


<그림 1.2 마이크로그리드 모델링>

그림 1.2는 한국전력공사의 계통모델을 이용하여 PSCAD/EMTDC로 구성된 제한적 마이크로그리드 시스템이다.

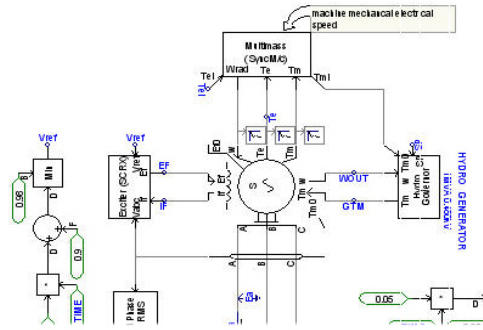


<전력시스템 모델링>



<부하 모델링>

<그림 1.3 마이크로그리드 모델링>



<동기발전기>

<그림 1.4 마이크로그리드 모델링>

22.9[kV]의 전력 계통으로부터 0.673[MVA] 용량의 소수력 발전기 2대가 병렬 연계 되어 있고 계통의 각 상에 A, B, C의 부하를 모델링 하였다. 이때 부하 중 일부를 선택하여 계통에 연계시키는 상황을 모의하기 위해 선로저항을 포함한 일부 부하모델을 스위치 온·오프를 통하여 계통에 사고가 발생한 후 마이크로그리드 에너지관리 시스템에 의해 계통에 연계될 때 상황을 모의하였다.

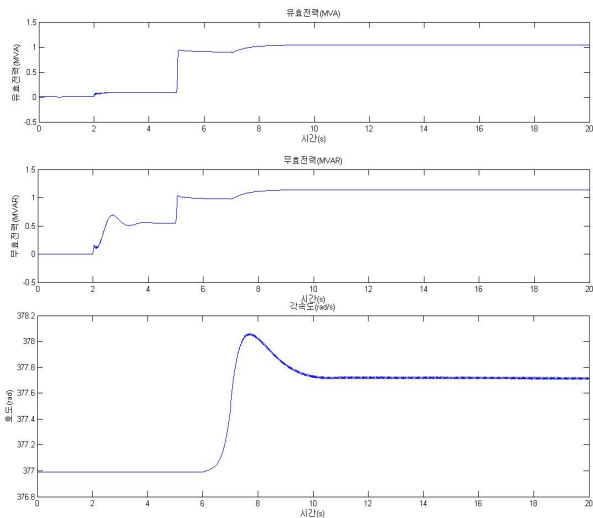
### 2.3 모의 결과

두 대의 동기발전기를 2초에 계통에 투입 시킨 후 5초에 계통에 사고를 모의 하였다. 계통 차단기를 작동시켜 22.9kV의 전력계통으로부터 제한적 마이크로그리드 시스템을 분리 하였다.

그 후 발전기의 용량에 맞게 각상의 A, B, C의 부하 중 일부를 계통에 연계 하여 동기 발전기의 상태를 확인하였다.

#### 2.3.1 분산전원 발전량과 부하량이 비슷한 경우

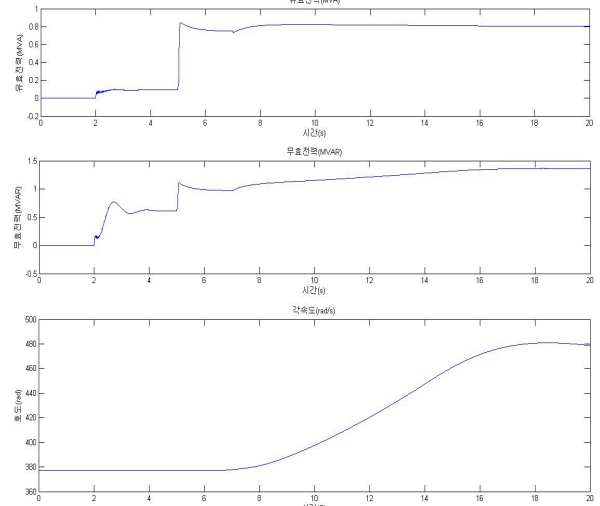
그림 1.5는 병렬로 연결된 두 대의 동기발전기의 발전 전력용량에 맞추어 부하를 연결하였을 때의 동기발전기 출력 파형이다. 5초에 사고가 발생하여 차단기 작동에 의해 분산전원 계통을 분리한 후 7초에 의도적으로 독립운전에 들어간 계통에 발전 전력량과 부하의 전력 요구량을 맞게 해주었다. 이때 동기기의 회전 속도가 일시적으로 증가 하지만 9.5초 이후 일정하게 수렴하는 것을 볼 수 있다.



<그림 1.5 모의 결과>

#### 2.3.2 분산전원 발전량이 부하량보다 큰 경우

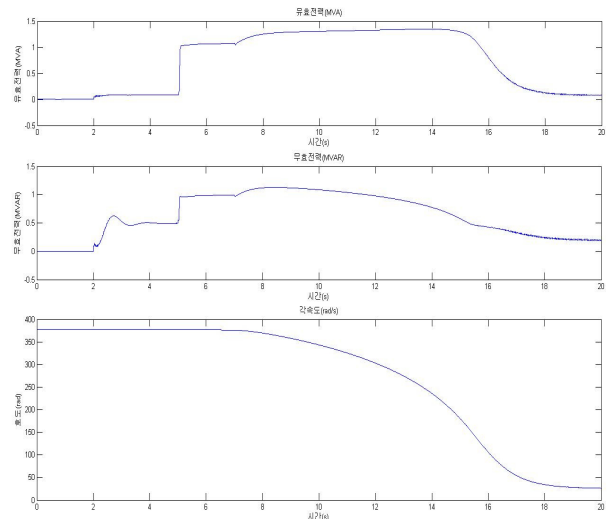
그림 1.6은 발전기의 발전 전력량이 부하의 전력 요구량보다 클 경우를 나타낸다. 동기발전기의 각속도가 481[rad/s]로 76[Hz]까지 증가하게 된다. 이는 발전용량의 합계가 1.346[MVA]일때 한전의 분산형 전원 배전계통 연계 기술기준에 따른 0.2[Hz]의 변화를 초과하는 값으로서 발전기는 탈조 상태에 이르게 된다.[3,4]



<그림 1.6 모의 결과>

#### 2.3.3 분산전원 발전량이 부하량 보다 작은 경우

그림 1.7은 발전기의 발전 전력량이 부하의 전력 요구량보다 작을 경우를 나타낸다. 동기발전기의 각속도가 13초가 지나기 전에 지속적으로 감소하여 300[rad/s]로 47[Hz]에 이르게 된다. 이때 역시 발전기가 탈조 상태에 이르게 된다.



<그림 1.7 모의 결과>

### 2.3 결론

시뮬레이션 결과로부터 모의한 계통의 분산전원이 의도적인 독립운전에 들어감에 따라 동기 발전기의 발전 전력량과 부하의 전력 요구량을 맞추어 주지 않을 경우 동기기가 탈조 상태에 이르게 됨을 보였다. 이에 따라 마이크로그리드 에너지관리 시스템에서 의도적 독립운전을 판단할 때 현재 분산전원이 발전하는 발전 전력량과 부하의 전력 요구량에 대한 제한조건이 필요함을 알 수 있다.

### [참 고 문 헌]

- [1] 안중보 외, “자율적 수요관리형 MicroGrid 개발”, 과학기술부, 2006
- [2] 서장철, “micro\_grid 도입에 따른 전력시스템의 변환 및 기업의 대처 방안”, 전력산업체 POOL 프로그램-2007전력 IT세미나, 2007년 3월
- [3] 한국전력공사, “분산형 전원 배전계통 연계 기술기준” 한국전력공사, 2004
- [4] 한국전력공사 배전처, “분산형 전원 배전계통 연계 기술기준” 한국전력공사, 2007.04.17 개정판