

# 분산전원 및 ESS가 연계된 AC 마이크로그리드의 자율적 제어기법

장명준, 김경화\*  
서울과학기술대학교

## Autonomous Control for AC Microgrid Connected with Distributed Generation and Energy Storage System

Myeong-Jun Jang, Kyeong-Hwa Kim  
Seoul National University of Science and Technology

### ABSTRACT

최근 풍력 및 태양광 발전과 같은 분산전원 시스템의 설비가 증가함에 따라 전력 생산자가 늘어나고 있으며 발전량이 불규칙적인 신재생에너지 자원을 전력 수요에 따라 효율적으로 운영하고 관리하기 위한 에너지 저장장치(Energy storage system : ESS)의 필요성이 증가하고 있다. 최근에는 기존의 중앙집중 방식의 전력 시스템이 가지는 여러 문제를 해결하기 위해 여러 분산 발전 요소들과 에너지 저장장치, 부하 및 계통을 상호 연결한 마이크로그리드의 개념이 제안되고 있다. 마이크로그리드 내에서 분산전원과 계통에 ESS가 연계 되면 전력 수급 상황에 따라 잉여전력이 발생할 때 전력을 저장할 수 있으며 전력수요가 클 때 저장된 전력을 부하에 공급하여 전력설비를 보다 안정적이고 효율적으로 운용할 수 있다. 본 논문에서는 풍력발전 시스템, 양방향 충/방전이 가능한 ESS, 부하 및 계통이 연계된 마이크로그리드를 대상으로 이를 효율적으로 운용하고 계통전력 사용을 최소화 할 수 있는 독립형 마이크로그리드의 자율적 제어기법에 대한 연구를 수행한다. 전력수급 상황에 따라 각 요소들의 운전 모드를 결정하는 기법이 제시되고 각 동작 모드에서의 분석 및 시뮬레이션에 의한 검증을 통하여 본 제어기법의 효용성을 입증한다.

### 1. 서론

최근 전력 수급의 안정성 확보 및 전력 에너지의 효율적 이용을 위한 전력시스템 개발, 에너지 수입량 절감을 위한 전력수급 대책이 요구되고 있다<sup>[1]</sup>. 한 가지 대책으로 신재생에너지 분산형 전원(Distributed Generation, DG)과 에너지 저장장치(Energy Storage System, ESS)에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다<sup>[2]</sup>. 또한 에너지 저장장치 관련 기술이 요구되면서 에너지가 양방향 형태로 전달되는 PCS(power condition system) 연구가 다수 진행되고 있다<sup>[3]</sup>.

본 논문에서는 분산전원과 ESS가 연계된 AC 마이크로그리드의 자율적 제어기법을 제안한다. 자율적 제어기법은 전력 수급 상황에 맞는 운전모드를 결정하는 기법이다. 제안하는 자율적 제어기법은 계통사고 시에도 안정적으로 부하 전력 공급이 가능하다. 본 연구에서는 고밀도 에너지 특성을 가지는 리튬폴

리머 배터리와 분산전원, 전력계통이 연계된 시스템 모델을 사용하였으며 시뮬레이션을 통해 그 성능이 입증된다.

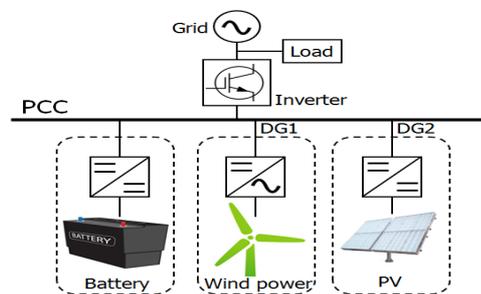


그림 1 분산전원 및 ESS가 연계된 AC 마이크로그리드의 구성  
Fig. 1 Configuration of AC microgrid connected with DG and ESS

### 2. ESS가 연계된 AC 마이크로그리드 시스템

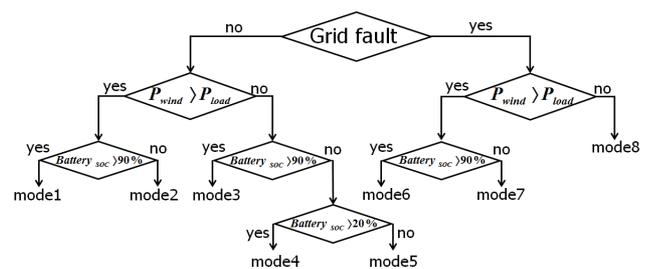


그림 2 제안된 자율적 제어기법 알고리즘  
Fig. 2 The proposed autonomous control algorithm

그림 1은 분산전원 및 ESS가 연계된 AC 마이크로그리드의 구조를 나타낸다. 분산전원 중 하나인 풍력발전, 리튬 폴리머 배터리팩, 계통 및 부하와 효과적인 전력제어를 위해 양방향 컨버터와 계통 연계 인버터로 구성된다. 전력계통에 사고가 발생하지 않은 경우 계통 연계 인버터는 풍력발전과 배터리에 병렬 연결된 DC 링크 전압을, 양방향 컨버터는 배터리의 충전 및 방전 전류를 제어한다. 반면 전력계통에 사고가 발생한 경우 풍력발전과 배터리와 병렬 연결된 DC 링크 전압은 배터리의 양방향 컨버터에 의해 제어된다.

\* 교신저자

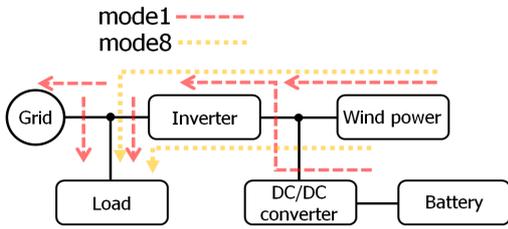


그림 3 동작모드 1,8의 전력 흐름도  
Fig. 3 Power flow diagram of mode 1,8

### 3. 알고리즘 및 동작모드

그림 2는 풍력발전량, 부하요구전력 및 배터리의 SOC(State of Charge)에 따른 마이크로그리드의 운영 제어전략을 나타낸다. 동작 모드는 전력수급 상황에 따라 8가지의 동작모드로 결정 된다. 모드 1부터 모드 5까지는 계통에 고장이 발생하지 않은 상태로 풍력발전량, 부하요구전력 및 배터리의 SOC에 따라 배터리의 충/방전 상태를 결정한다. 모드 6부터 모드 8까지는 계통에 고장이 발생한 상태에서 이 경우 역시 풍력발전량, 부하요구전력 및 배터리의 SOC에 따라 배터리의 충/방전 여부가 결정된다. 이 동작모드에서는 계통전압이 없어 인버터는 출력전압제어를 통해 부하에 전력을 공급하게 되며 DC 링크 전압은 배터리와 연결된 양방향 컨버터에서 제어를 수행하게 된다. 그림 3은 모드 1과 모드 8의 전력 흐름도를 나타낸다. 모드 1은 풍력발전량이 부하요구전력보다 많고 배터리의 SOC가 90% 이상으로 이때 부하에 공급하고 남은 잉여 풍력발전전력과 배터리 전력은 계통에 공급하게 된다. 만약 SOC가 90% 이하이면 모드 2가 되며 풍력발전전력에서 부하로 공급되고 남은 잉여전력은 배터리를 충전하는 데에 사용된다. 모드 8은 계통사고가 일어난 경우 풍력발전량이 부하요구전력보다 적은 상태이다. 이때 배터리는 SOC에 관계없이 방전을 하여 부하에 전력을 공급하게 된다.

### 4. 시뮬레이션 결과

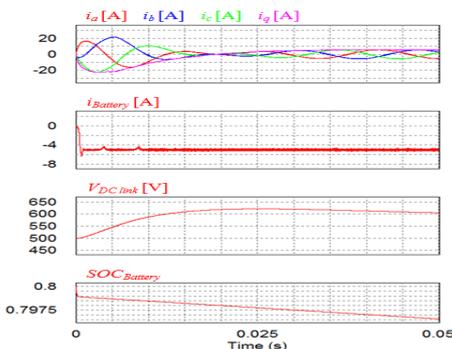


그림 4 동작모드 1의 시뮬레이션 결과  
Fig. 4 Simulation results in mode 1

제안된 기법의 성능을 입증하기 위해 시뮬레이션이 수행되었다. 그림 4와 그림 5는 마이크로그리드의 모드 1과 모드 8에서의 시뮬레이션 결과를 나타낸다. 그래프는 순서대로 인버터 출력전류( $i_a, i_b, i_c$ ), 배터리 출력전류( $i_{bat}$ ), DC 링크 전압( $V_{DC}$ ),

및 배터리의 SOC 결과를 나타낸다. 그림 4는 계통고장이 없는 경우이며 계통연계 인버터에서는 DC 링크 전압을 600V로 제어하고 배터리 전류는 5A로 제어되어 방전하게 된다. 초기 SOC는 80%이며 점차적으로 방전하는 것을 확인할 수 있다.

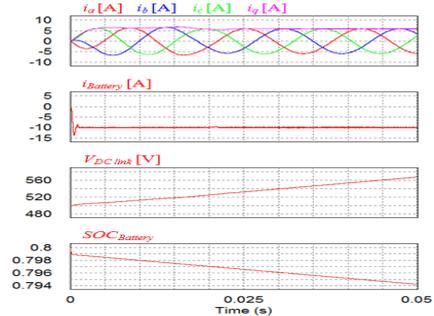


그림 5 동작모드 8의 시뮬레이션 결과  
Fig. 5 Simulation results in mode 8

그림 5는 모드 8의 동작으로 계통에 고장이 발생하여 배터리 측의 양방향 컨버터에서 DC 링크 전압을 600V로 제어하고 배터리 전류는 10A로 제어되어 방전하게 된다. 초기 SOC는 80%이며 점차적으로 방전하는 것을 확인할 수 있다.

### 5. 결론

본 논문에서는 분산전원 및 ESS가 연계된 AC 마이크로그리드의 자율적 제어기법을 연구하였다. 전체 시스템은 계통 사고 유무 및 전력 수급 상황에 따라 8가지의 동작모드로 구성되며 각 상태에 따라 마이크로그리드의 각 구성 요소들이 효과적으로 운전함을 확인할 수 있다. 제안된 기법은 각 조건에 따라 자율적인 제어가 가능하며 전력 수급 상황에 따라 유연하게 전력을 공급하여 분산전원의 효율적인 활용 및 계통사고 발생 조건에서 부하에 대한 원활한 전력 공급이 가능하다. 시뮬레이션을 통해 제안된 기법의 성능이 입증되었다.

이 논문은 2016년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업 지원을 받아 수행된 것임 (NRF-2014R1A1A2056436).

### 참고 문헌

- [1] F. Blaabjerg, F. Iov, T. Kerekes, and R. Teodorescu, "Trends in Power Electronics and Control of Renewable Energy Systems", in 14th Int. Power Electr. and Motion Control Conf. (EPE/PEMC), pp. 1-19, 2010, Sep.
- [2] J. M. Guerrero, F. Blaabjerg, T. Zhelev, K. Hemmes, E. Monmasson, S. Jemei, M. P. Comech, R. Granadino, and J. I. Frau, "Distributed Generation: Toward a New Energy Paradigm", IEEE Trans. Indus. Electr. Mag., Vol. 4, No. 1, pp. 52-64, 2010, March.
- [3] J. Zhang, J. S. Lai, R. Y. Kim, and W. Yu, "High-power Density Design of Soft-Switching High-Power Bidirectional Dc - Dc Converter", IEEE Trans. on Power Electr., Vol. 22, No. 1, pp.1145-1153, 2007, July.