

AC-DC 마이크로그리드의 안정적인 운전전략

한상훈, Simatupang Desmon Petrus, 최재호
충북대학교

AC-DC Microgrid Stable Control Strategy

Sanghoon Han, Desmon Petrus Simatupang, Jaeho Choi
Chungbuk National University

ABSTRACT

최근 화석연료의 환경적인 문제와 경제적인 문제로 인하여 신재생 에너지를 이용한 마이크로그리드의 연구가 활발히 진행되고 있다. 마이크로그리드는 연계되는 방식으로 AC와 DC 마이크로그리드로 구분한다. 두 마이크로그리드를 하나로 연계하여 장단점을 보완한다. 신재생 에너지원으로 전력을 공급하면 외부조건에 의하여 출력이 변화하게 되는데 에너지 저장장치를 이용하여 이를 보완한다. 또한 에너지 저장장치가 최대 방전이 되었을 때를 대비하여 디젤발전기를 운용한다. 끝으로 계통과 연계모드를 제시하여 독립운전과 계통연계에 대한 운전전략을 제안한다. 제안한 마이크로그리드 운전전략은 PSiM을 통해 시뮬레이션으로 검증하였다.

1. 서론

최근 우리나라의 전력소비량이 지속적으로 증가하고 있는 반면에, 전력을 공급하는 설비의 증설은 화석연료로 인한 환경문제와 원자재 가격의 상승으로 대형 발전시설의 건설이 제한되면서 전력의 확보가 어려워지고 있다. 이러한 문제점의 대안으로 풍력, 태양광 등과 같은 분산전원과 에너지 저장장치(Energy Storage System : ESS)를 이용하는 기존 전력망과 연계된 형태인 마이크로그리드가 사용되고 있다.

마이크로그리드는 연계방식에 따라 AC와 DC 마이크로그리드로 나눌 수 있다.^[1] AC 마이크로그리드는 기존의 배전망을 그대로 활용 가능한 장점이 있다. 하지만 컨버터의 사용으로 인한 비용문제와 동기화, 안정도 그리고 무효전력에 대한 문제가 남아있다. DC 마이크로그리드는 AC 마이크로그리드에서 문제되었던 동기화, 안정도, 무효전력에 대한 문제가 발생하지 않으며, 2차 전력변환을 위한 컨버터의 사용이 없어 시스템의 손실과 비용이 낮은 장점을 갖는다.^[2]

본 논문에서는 AC 마이크로그리드와 DC 마이크로그리드의 단점을 보완하고 장점을 이용하는 AC DC 마이크로그리드를 모델로 정하여 전력계통의 효율적이고 안정적인 운용 방안에 대하여 제시한다. PV의 출력과 부하 전력의 출력을 기반으로 마이크로그리드의 운영 방법을 확립하였다. 이에 발생할 수 있는 상황에 따라 에너지 저장장치의 충/방전을 제어하여 부하에 안정적인 전력을 공급할 수 있도록 구성하였으며, 또한 디젤발전기를 추가하여 비상시 전력을 공급하도록 하였다. 제안된 제어전략은 PSiM으로 시뮬레이션 하여 검증하였다.

2. AC-DC 마이크로그리드의 구성

본 논문에서 구성한 마이크로그리드는 그림 1과 같다. 주전원이 되는 태양광 발전기(PV)가 있으며 부하에 안정적인 전력을 공급하기 위한 에너지 저장장치, 비상시에 전력을 공급하는 디젤 발전기 그리고 부하로 구성되어 있다. 전체적인 시스템은 AC Bus와 DC Bus로 구성하였다. 태양광 발전기와 에너지 저장장치는 DC Bus에 연결되어 있으며 디젤발전기와 부하는 AC Bus에 연결되어 있다. AC와 DC 사이는 컨버터로 연결되어 있으며 AC와 DC측의 전력을 양방향으로 전달하는 역할을 한다. 에너지 저장장치는 배터리와 배터리 스트레스를 줄이기 위한 슈퍼커패시터로 구성되어 있다. 서로간의 전력을 분담하기 위하여 양방향 DC/DC 컨버터로 연계되어 있다. 그리고 사고에 대비하여 계통에 연계될 수 있도록 구성하였다.

3. 시스템 운전전략

본 논문의 마이크로그리드는 신재생에너지를 주 전력으로 사용하며 디젤발전기의 사용을 최소한으로 하여 화석연료의 사용으로 인한 환경적인 문제와 비용적인 문제를 해결하는데 주목적이 있다. 주목적을 달성하기 위해 기본적인 운전형태인 독립운전 모드의 운전전략이 중요하다.

독립운전 시 운전전략은 그림 2와 같다. 먼저 논문에서 사용된 신재생 에너지원인 태양광 발전기의 전력과 부하전력의 상태를 파악하고 에너지 저장장치의 충/방전을 통하여 안정적인 전력을 공급할 수 있도록 한다. 만약 에너지 저장장치의 상태가 최대 방전상태면 디젤 발전기를 동작시켜 안정적인 전력을 공급할 수 있도록 한다.

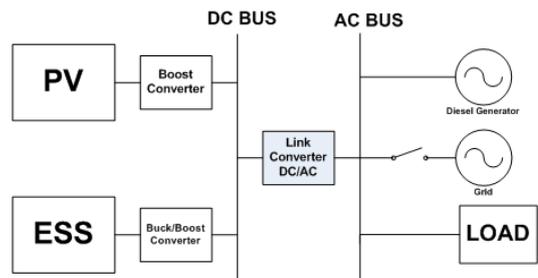


그림 1 AC-DC 마이크로그리드의 구성
Fig. 1. Configuration of AC-DC microgrid system.

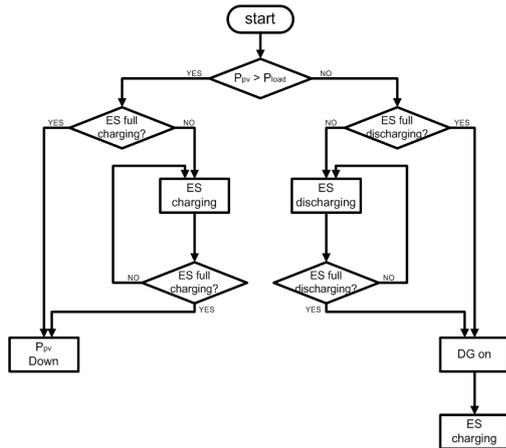


그림 2. 독립운전 모드 시 시스템 플로우차트
Fig. 2 System flow chart in islanding mode

계통으로부터 마이크로그리드에 전력을 공급하는 경우, 계통으로부터 전력을 마이크로그리드로 받아올 때에 전달되는 전력은 계통에 고조파가 주입되는 것을 막기 일정한 값으로 받아 온다. 계통으로부터 받는 전력과 태양광 발전기의 발전전력이 부하전력보다 크게 되는데 이 때 남게 되는 전력을 에너지 저장장치로 보내어 충전에 이용하도록 한다.

4. 시뮬레이션 결과

시뮬레이션 조건은 독립운전 시, 태양광 발전시스템이 평균 10kW를 발전하며 평균 부하량은 6kW이다. 에너지 저장장치는 리튬 폴리머 3.7V, 40Ah 배터리를 80개 직렬로 연결하였고 슈퍼커패시터는 165F, 2.5V를 500개 직렬연결하여 구성하였다. 계통연계 시에는 18kW의 부하량을 가지며 계통으로부터 10kW의 전력을 받는다.

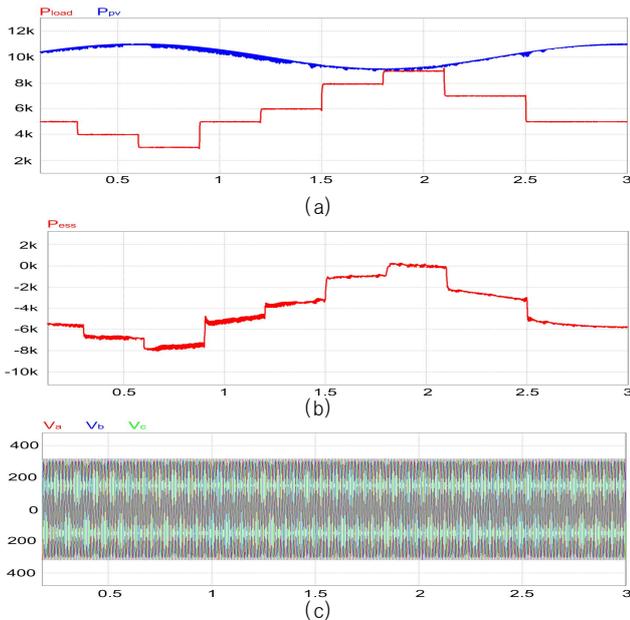


그림 3 독립운전 시 시뮬레이션 결과 : (a) 부하전력과 태양광 발전 전력, (b) 에너지 저장장치의 출력, (c) 부하 전압
Fig. 3 Simulation result : (a) Loading power and PV generating power, (b) ESS power, (c) Load voltage

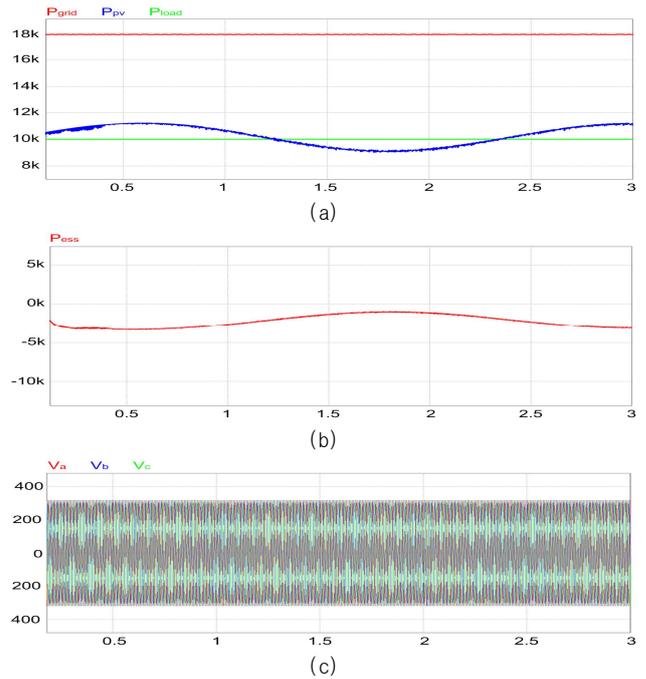


그림 4 계통연계 시 시뮬레이션 결과 : (a) 부하전력, 태양광 발전전력, 계통에서 받은 전력
(b) 에너지 저장장치의 출력, (c) 부하 전압
Fig. 4 Simulation result : (a) Loading power, PV generating power, received power from the grid, (b) ESS power, (c) Load voltage

먼저 독립운전 시 시뮬레이션 결과는 그림 3에서 보여진다. 그림 3에서 부하와 태양광 발전전력의 변동에도 에너지 저장장치의 충/방전에 의해 안정적으로 전력이 공급되는 것을 확인할 수 있다. 안정적인 전력공급으로 3상 전압이 안정적인 것을 확인할 수 있다. 계통연계 시뮬레이션 결과는 그림 4로, 부하량이 18kW로 태양광 발전기의 발전전력으로 부하에 전력을 공급할 수 없음을 확인할 수 있다. 부하에 전력을 공급하기 위해 계통으로부터 10kW의 전력을 받아 부하전력을 확보하였으며 잉여전력은 에너지 저장장치의 충/방전으로 부하에 전력이 안정적으로 공급하는 것을 확인할 수 있다.

5. 결론

본 논문에서는 태양광 발전기를 이용한 AC DC 마이크로 그리드에서 효율적인 운전전략을 제안하였다. 독립운전과 계통연계운전의 상황에서 태양광 발전기를 최대한 활용하여 디젤발전기의 사용을 최소화하도록 하였다. 부하와 발전전력 사이에서 남는 잉여전력은 에너지 저장장치를 통해 해결하여 부하로 안정적인 전력을 공급할 수 있도록 하였다.

참고 문헌

- [1] H. Lotfi, and A. Khodaei, "AC Versus DC Microgrid Planning" *IEEE Trans. on Smart Grid*, pp. 1 9, 2015
- [2] C. R. Akli, X. Roboam, B. Sareni, and A. Jeunesse, "Energy Management and Sizing of a Hybrid Locomotive," *Proc. of EPE'2007*, pp. 1 10, 2007.