

Net Zero Energy Building의 효율 증대를 위한 DC배전의 에너지 저장장치 연계에 대한 연구

이승운, 서갑수, 김혜진, 조보형
서울대학교 전기정보공학부

A Structural Consideration of Storage Interface Unit(SIU) for DC Distributed Net Zero Energy Building

S. W. Lee, G. S. Seo, H. J. Kim, and B. H. Cho
Department of Electrical and Computer Engineering, Seoul National University

ABSTRACT

최근 환경 문제가 사회적으로 대두됨에 따라 탄소배출권 제도에 대한 관심이 증대되면서 Net Zero Energy Building (NZEB)에 대한 관심 역시 커지고 있다. NZEB는 주로 태양광을 에너지원으로 이용하며, 더 효율적인 에너지 사용을 위해 에너지 저장장치(SIU)를 이용하는데 이 두 요소들은 DC전압을 출력으로 갖고 있으며, NZEB의 특성상 외부 AC그리드와 연결된 양방향 AC/DC컨버터의 사용량이 적기 때문에 건물 내 배전을 DC로 할 경우 더 효율적인 에너지 사용이 가능하다.

본 논문은 기존 DC배전의 구조에 대해 살펴보고, 여기에 Renewable Storage Connecting Unit(RSCU)을 더해 NZEB에서 에너지 사용의 효율성을 높이는 방법에 대해 연구하며, 또한 그 시스템 제어 방법에 대해 연구한다.

1. 서론

최근 환경 문제가 점차 중요해지면서 탄소배출권 등의 에너지 관련 규제에 대한 논의가 진행되고 있다. 이러한 움직임은 사회적으로 에너지 사용 절감에 대한 수요를 만들면서 신재생 에너지의 활용도 역시 증가시켰는데, NZEB역시 이런 움직임 중 하나이다.^[1]

NZEB는 신재생 에너지의 발전량을 충분히 크게 선정하여 외부 그리드에서 받는 에너지의 평균값을 0이 되도록 설계한 빌딩을 뜻한다. 따라서 그림 1에서와 같이 기존의 AC배전 형

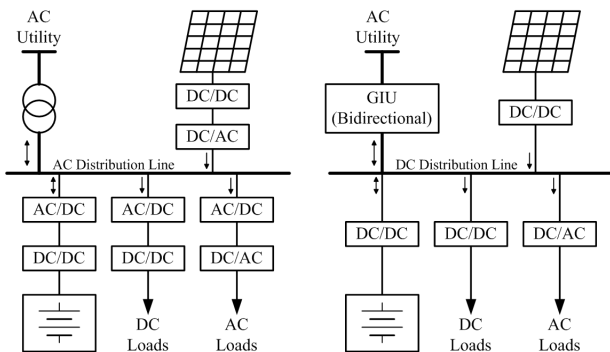


그림 1 AC배전(좌)와 DC배전(우) 구조 비교도
Fig. 2 Comparison of AC(left) and DC(right) distribution

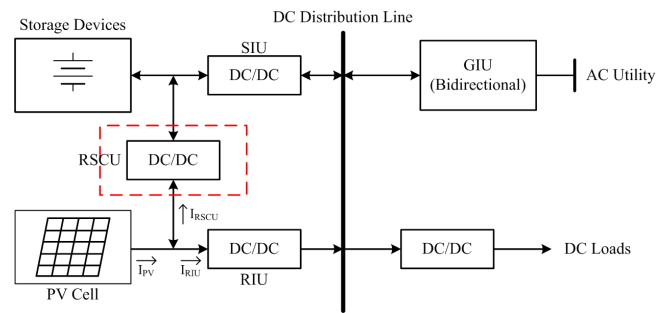


그림 2 제안한 DC배전 구조도
Fig. 2 Structure of the proposed DC distribution system

태보다는 DC배전으로 구성할 경우 신재생 에너지와 저장 장치 및 부하간의 전력전달 구조가 간략해 지면서 전체적인 에너지 효율이 증가한다.^[2]

본 논문에서는 NZEB의 에너지 효율을 증가시키기 위한 DC 배전의 새로운 구조를 제안하고, 그 시스템 제어 방법에 대해 연구한다. 제안한 구조는 기존 DC배전의 에너지 전송 경로를 더 간략하게 만들어 에너지 효율을 증가시키는 장점이 있지만 MPPT를 전담하는 컨버터와 입력을 공유하고 있기 때문에 각각 독립적으로 제어 Loop를 닫을 경우 MPPT가 깨질 위험이 있다. 따라서 RSCU의 제어 전략에 대해 설명하고 이를 시뮬레이션을 통해 검증한다.

2. 제안한 구조의 구성과 제어전략

2.1 구성

본 논문에서 제안하는 구조는 그림 2와 같다. 다른 부분은 기존의 DC배전 시스템과 동일하지만 PV와 저장 장치의 출력 사이에 RSCU가 추가된다. 이 컨버터는 PV에서 발전한 전력 중 부하에 사용되고 남은 에너지를 바로 저장 장치에 충전시키는 것이 가능하도록 한다. 이는 그림 3과 같이 PV발전량이 클 경우 에너지 전송 경로를 줄여 에너지 효율을 올려주며, 이 효과는 낮에 발전한 PV에너지를 배터리에 저장하여 밤동안 소모되는 전력을 배터리에서 대부분 부담하게 되는 NZEB에서 극대화된다.

2.2 제어 전략

각 컨버터의 제어는 참고문헌 2의 제어 및 운용 방법을 참

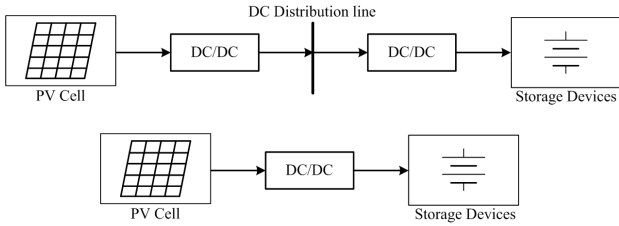


그림 3 기존(상)과 제안한 구조(하)에서의 에너지 전송 경로 비교
Fig. 3 Comparison of battery charging process between a conventional(top) and the proposed(bottom) structure

고한다. RIU(Renewable Interface Unit)는 MPPT 운용을 담당하게 되며, SIU(Storage Interface Unit)는 DC distribution line의 전압을 유지하는 역할을 한다. 즉 PV 발전량이 부하 사용량보다 모자랄 경우 DC line에 에너지를 전달한다. 또한 GIU(Grid Interface Unit)는 DC line 전압을 380V로 유지하며, 약 천후 등으로 PV 발전량이 충분하지 못할 때 모자란 전력을 공급해 주는 역할을 한다. 전체적인 컨버터간의 연계 제어는 드롭제어 방식을 사용하여 제어한다.^[2]

제안한 구조에서 RSCU를 설계 및 제어하기 위해서는 두 가지 문제를 고려해야 한다. 첫 번째는 컨버터가 동작하면서 RIU의 MPPT제어에 영향을 주면 안된다는 부분이며 두 번째는 다른 부분과의 통신을 통해 동작 모드를 변경해야 하는 부분이다. 우선 두 번째 문제는 상위제어기의 이용해 배터리의 전압 상황이나 PV의 발전량, 부하의 조건 등의 정보를 종합하여 각 동작에 대한 지침을 내리는 것으로 해결 가능하며, 첫 번째 문제 역시 이 상위 제어기에서 컨버터의 전류 지령치를 내려 전압 제어 없이 전류제어기만으로 동작시키는 것으로 해결 가능하다.

3. 시뮬레이션 결과

동작을 확인하기 위해 시뮬레이션을 진행하였다. PV는 Open Circuit 전압 200V에 Short Circuit 전류 10A로 최대 파워는 150V, 8A에 1.2kW정격으로 가정하였다. 배터리는 사용 가능 범위가 250~350V 인 Li ion배터리로 가정하며, 공칭 배전 전압은 380V로 SIU와 GIU가 유지하도록 설계한다. 그림 4는 시뮬레이션에 사용한 전체 구조를 좀 더 자세하게 나타낸 것이다.

그림 5는 PV발전량이 부하 사용량보다 많으면서 배터리 전압이 350V보다 낮은 경우에 대한 시뮬레이션 파형이다. RIU가 MPPT를 수행하여 PV Cell의 전압 150V에 출력 파워가

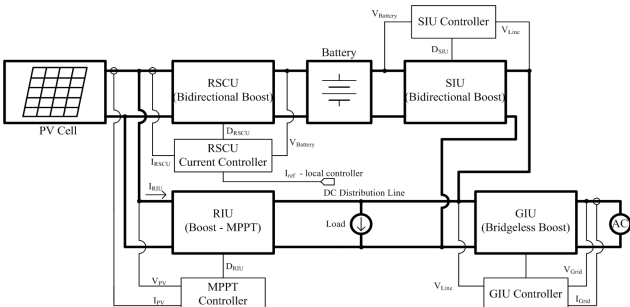


그림 4 모의실험 Block Diagram 구조도
Fig. 4 Block diagram of simulated DC distributed system.

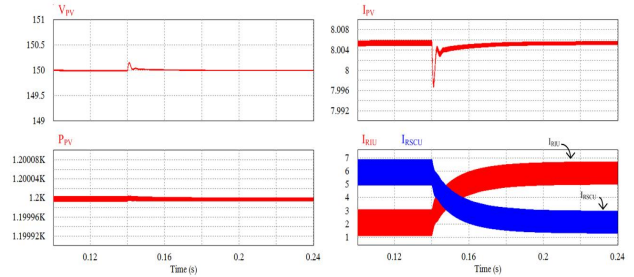


그림 5 RSCU가 MPPT에 영향을 주지 않음을 보이는 모의실험 파형.
Fig. 5 Simulation results of the proposed system.

1.2kW로 유지됨을 확인 할 수 있으며, RSCU가 정전류 제어를 하면서 RIU가 MPPT를 수행하는데 문제가 발생하지 않음을 I_{RSCU} 와 I_{RIU} 의 파형로부터 확인 가능하다. 또한 시간 0.14초에 부하를 2A에서 6A로 step change를 주었으며, 이 때 PV의 MPPT 동작이 정상적으로 유지되면서 RIU와 RSCU이 입력 전류가 서로 바뀌는 것을 확인 할 수 있다.

Off MPPT모드등의 다른 동작 모드는 기존 시스템과 동일하게 동작하므로 생략하도록 한다.

4. 결론

본 논문에서는 기존의 DC배전 구조에 RSCU를 추가한 새로운 구조를 제안하면서 제어 및 운용에 대해 연구하였다. 제안한 구조는 PV발전량과 부하사용량이 비슷하고 GIU를 통한 에너지 변환율이 작은 NZEB에서 PV와 저장장치 사이의 에너지 변환 단계를 줄여 에너지 사용 효율이 향상될 것으로 기대된다. 또한 RSCU를 DCM구동을 통해 전류제어만을 진행함으로써 기존 DC배전 제어 시스템 및 운용 전략에 영향을 주지 않고 적용 가능하다는 장점이 존재한다.

추가적으로 본 구조는 RIU나 SIU중 한 컨버터에 Fault가 일어났을 시 RSCU를 중간 경로로 이용해 시스템 동작을 유지할 수 있을 것으로 기대되며 이에 대한 동특성 분석 및 제어에 대한 연구는 추후 진행하도록 한다.

본 연구는 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지 기술평가원(KETEP)과 산업평가관리원의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (No. 2011T100100025)

참고 문헌

- [1] Mukherjee, S., "Opportunities and challenges with net zero energy buildings", Power Semiconductor Devices and ICs(IPSDD), pp. 1-5, 2011, May.
- [2] J.B. Baek, "Control and Stability Analysis of the DC Distribution System including Renewable Energy Sources and Energy Storage Systems", Ph.D. dissertation, Dept. Elect. Eng., Seoul National Univ., Seoul, South Korea, 2014