

DC Grid를 연계한 LVDC 통합 운전기법

이순종*, 이희준*, 홍석진*, 신수철**, 원충연*
성균관대학교*, LG전자**

Integrated Operating Technique for LVDC to connecting DC Grid

Soon Jong Lee*, Hee Jun Lee*, Seok Jin Hong*, Soo Cheol Shin**, Chung Yuen Won*
Sungkyunkwan University*, LG Electronics**

ABSTRACT

본 논문에서는 저압 직류 배전(LVDC) 시스템의 통합 운전 기법을 제안하였다. 제안된 시스템은 AC배전을 DC배전으로 전력 변환을 해주기 위한 대용량 3 Level NPC PWM 컨버터로 구성하였다. 또한 태양광 발전 시스템을 연계하여 소규모 계통의 운전을 위한 양방향 DC/DC 컨버터로 구성하였다. 분산전원의 단점을 보완하기 위하여 ESS 시스템을 구성하였고 통합 운전을 수행 하였다. 제안된 시스템에 모드별 적용된 제어 기법을 이용하여 동작모드를 확립하였다. 이를 시뮬레이션을 통하여 검증하였다.

1. 서론

최근 화석연료의 고갈로 인한 유가 상승과 환경오염으로 인해 신재생에너지의 보급이 급증하고 있다. 이에 따라 태양광 발전과 같은 분산전원의 연계로 인한 DC배전의 계통 구조가 변화되고 있으며, 안정적 전력 공급을 위해서 ESS에 대한 연구가 진행되고 있다. 제안한 시스템은 배전 계통의 효율적인 운전 과 분산전원의 통합운전을 허용하는 소규모 계통의 운영이 가능하다. 또한 분산전원의 발전전력은 전력변환장치로 높은 전력 품질 및 신뢰도를 제공하고 이를 이용하여 효율적으로 저압 직류 배전(Low Voltage Direct Current)^[1]과 연계가 가능하다. 따라서 이를 증명하기 위해서 시뮬레이션을 통하여 검증하였다.

2.본론

2.1 제안하는 LVDC 배전 시스템 통합운전

그림 1은 제안된 LVDC 배전 시스템을 나타낸다. 제안된 LVDC 배전 시스템은 전력변환장치로 3 Level PWM NPC 컨버터, 안정적인 전력 공급을 위한 ESS 양방향 컨버터, 양방향 듀얼 하프 브릿지 컨버터로 구성되어 있다. 태양광 발전 시스템, 배터리를 고려하여 운전 모드를 확립하였다. 또한 운전 모드는 주변 상황에 따라 적합한 모드를 선정하여 수행한다. 그러므로 에너지 효율과 컨버터의 효율을 증가시키기 위해서는 운전모드의 절환 방법에 대한 연구를 하였다.

따라서 동작 모드에 따른 운전 알고리즘을 설명하고, 운전 시퀀스 및 제어 전략을 통하여 모드 절환 시 발생할 문제점을

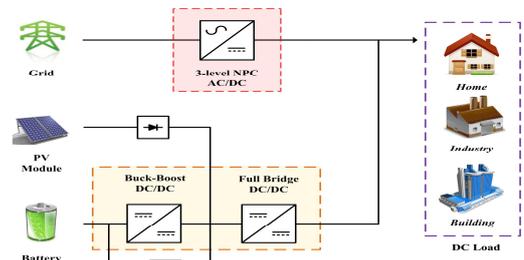
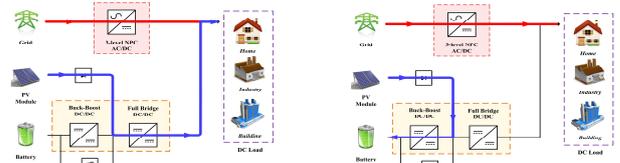


그림 1 제안된 LVDC 배전 시스템 구성도
Fig. 1 Configuration of LVDC distribution system

최소화 한다. 동작 모드는 총 6가지모드로 나눌 수 있다. 동작 모드는 태양광 발전 시스템을 연계하는 동작 모드와 ESS 시스템을 연계하는 동작 모드, 태양광 발전 시스템과 ESS 시스템을 같이 연계하는 동작 모드로 나누어 구성하였다. 이에 따라 각 모드별 제어 요소를 정의하고, 모드에 따라 제어기법을 설명하였다.

2.2 제안된 LVDC 배전 시스템 운전기법

2.2.1 PV 모드



(a)운전모드1 (b)운전모드2

그림 2 3-Level NPC 컨버터와 태양광 발전 시스템 연계 모드
Fig.2 3-Level NPC converter connected Photovoltaic system mode

그림 2(a)는 태양광 발전이 가능한 상황에서 3 level AC/DC NPC 컨버터와 병렬제어 모드를 나타낸다. 듀얼 하프 브릿지 컨버터는 태양광 발전 시스템을 MPPT 제어로 수행하고, 3 level AC/DC NPC 컨버터가 DC Grid를 제어하기 때문에 출력 전류 제어를 통하여 DC Grid에 전력을 공급하게 된다.

그림 2(b)는 태양광 발전을 이용한 배터리 충전 모드를 나타내고 있다. 3 level AC/DC NPC 컨버터는 단독 운전을 통하여 DC Grid를 유지하게 된다. 이때, ESS 양방향 컨버터는 태양광 출력으로부터 MPPT 제어를 수행하고, 출력전류는 CC제어 통

하여 배터리에 일정한 전류로 충전하게 된다.

2.2.3 ESS 모드



(a) 운전모드3 (b) 운전모드4

그림 3 3-Level NPC 컨버터와 ESS 시스템 연계 모드

Fig. 3 3-Level NPC converter connected Photovoltaic system mode

그림 3(a)는 태양광 일사량이 충분치 않거나, 배터리의 전력으로도 부하에 전력공급이 가능할 때 ESS를 이용하여 DC Grid에 전력을 공급한다. 이때 2단의 컨버터를 사용하게 되면 시스템의 효율이 떨어지므로 듀얼 하프 브릿지 컨버터만을 사용하게 된다. 듀얼 하프 브릿지 컨버터의 제어는 출력 전압 제어 후 병렬 연계 시 전류제어를 수행한다.

그림 3(b)는 심야시간이나 태양광 발전이 없을 때 DC Grid를 이용한 배터리 충전 모드를 나타내고 있다. 이때도 그림 3(a)와 같이 듀얼 하프 브릿지 컨버터만을 사용한다. 듀얼 하프 브릿지 컨버터는 CC CV 제어를 통하여 배터리를 충전하게 된다.

2.2.4 PV & ESS 모드



(a) 운전모드5 (b) 운전모드6

그림 태양광 발전 시스템과 ESS 시스템 연계 모드

Fig. 4 Photovoltaic system connected ESS system mode

그림 4(a)는 부하의 수요가 많은 낮 시간에 태양광 발전과 배터리가 동시에 운전하는 모드이다. 이때 배터리는 ESS 양방향 컨버터를 통하여 방전을 하게 되고, 듀얼 하프 브릿지 컨버터는 ESS의 출력 DC_Link를 제어하게 된다. 또한 이 모드는 운전모드 중 DC Grid에 연계된 모든 컨버터들이 동작을 하므로 시스템 효율이 가장 떨어지는 모드이다.

그림 4(b)는 AC Grid에서 사고 시 또는 3 Level NPC 컨버터가 고장 시 분산 전원 단독 운전 모드이다. 이 모드는 분산 전원의 전력만으로 부하를 감당하여야 한다. 본 논문에서는 분산전원을 26[kW]로 구성하여 전체 부하를 감당할 수 없다. 그러므로 분산 전원의 전력만으로 전원을 공급할 수 있는 부하는 건물의 비상등 및 예비등에 대하여 전력을 공급한다.

3. 시뮬레이션

그림 5는 운전모드 1의 시뮬레이션 파형으로 초기충전을 통해 전압이 증가하고 0.3[s]부터 1500[V]가 유지되고 0.5[s]에 AC/DC 컨버터가 동작하여 0.7[s]에 PV와 연계

하여 동작한다. 0.8[s]부터 부하와 연결되어 DC_Link에 흐르는 전류를 보여준다. 이때 PV는 11[kW] 용량이다.

그림 6은 운전모드3의 시뮬레이션 파형으로 동작 시간은 그림 5와 동일하다. 이때 배터리는 15[kW] 용량이다.

그림 7은 운전모드5의 시뮬레이션 파형으로 동작시간은 그림 6과 동일하다. 이때 분산전원은 26[kW] 용량으로 모든 컨버터가 동작한다.

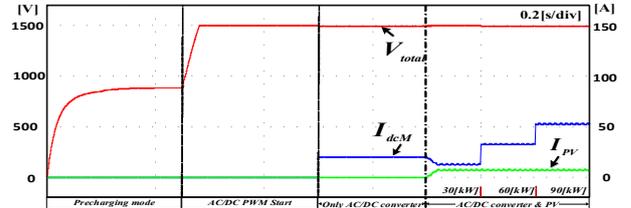


그림 5 운전모드 1 시뮬레이션 파형

Fig. 5 Operation mode 1 simulation waveform

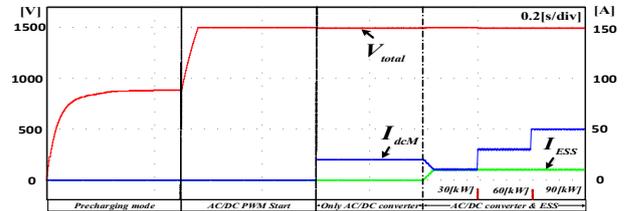


그림 6 운전모드 3 시뮬레이션 파형

Fig. 6 Operation mode 3 simulation waveform

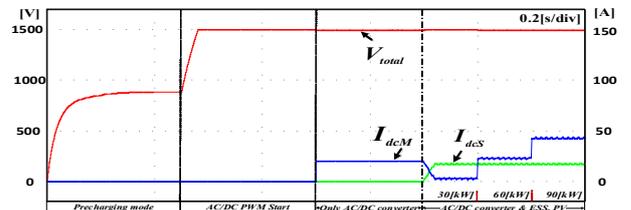


그림 7 운전모드 5 시뮬레이션 파형

Fig. 7 Operation mode 5 simulation waveform

4. 결론

본 논문에서는 저압 직류 배전 시스템(LVDC)의 통합 운전기법을 제안하였다. 3 Level NPC 컨버터, ESS 양방향 컨버터, 듀얼 하프 브릿지 컨버터로 구성된 저압 직류 배전 시스템에 대한 동작 모드를 확립하였다. 이를 시뮬레이션을 통해서 검증하였다.

본 연구는 2012년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지기술연구원 (No. 20124010203300)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다.

참고 문헌

[1] H. Kakigano, Y. Miura, T. Ise: "Low Voltage Bipolar Type DC Micogrid for Super High Quality Distribution" in IEEE Transactions on Power Electronics, Vol. 25, pp. 3066 3075, Dec. 2010.