

에너지 저장장치를 위한 양방향 DC-DC컨버터의 끊김없는 입·출력 전환 기법

박준성, 권민호, 최세완
서울과학기술대학교

A Seamless Transfer Method of Bidirectional DC-DC Converter for ESS

Junsung Park, Minho Kwon, Sewan Choi
Seoul National University of Science and Technology

ABSTRACT

소규모 전력망에서 계통에 이상이 발생하면 ESS의 양방향 컨버터는 배터리 충·방전 동작을 멈추고 DC Bus 전압을 제어하는 기능이 요구된다. 이 경우 양방향컨버터는 배터리측 제어에서 DC Bus측 고전압제어로의 신속한 전환이 요구된다. 본 논문에서는 양방향컨버터의 끊김없는 입·출력 전환을 위한 새로운 제어기법을 제안한다. 제안하는 기법은 가변리미터를 이용하여 저전압 및 고전압제어기를 하나로 통합하였고 상위제어기의 지령없이 자율적인 판단으로 전환이 가능하다. 제안한 알고리즘은 2kW급 시작품을 제작하여 타당성을 검증하였다.

1. 서론

최근 태양광, 풍력 등 신재생에너지에서 불규칙하게 발전되는 에너지를 전력수요에 따라 효율적으로 사용하기 위하여 에너지 저장 장치(ESS)의 요구가 증대되고 있으며 이에 따라 양방향 DC DC 컨버터의 연구가 활발히 진행되고 있다. 특히 중요부하를 갖는 그림 1과 같은 소규모 전력망에서는 계통이상 발생을 대비할 수 있는 ESS 또는 UPS가 요구된다. 계통에 이상이 발생하여 단락된 경우 연계되어있던 인버터는 더 이상 DC Bus 전압을 제어할 수 없게 된다. 이에 따라 ESS의 양방향 컨버터는 배터리를 충전 또는 방전시키고 있던 동작을 멈추고 DC Bus 전압을 제어해야 한다. 이러한 경우 그림 2와 같이 고전압측(DC Bus) 제어기와 저전압측(배터리) 제어기가 각각 독립적으로 되어있는 기존 양방향 컨버터 제어방식에서는 저전압제어에서 고전압제어 또는 고전압제어에서 저전압제어로 전환될 때 제어기를 전환해야 하므로 과도상태가 크게 발생할 수 있다.

본 논문에서는 이같이 양방향 컨버터의 입·출력의 전환이 요구될 때 끊김없이 모드전환을 이룰 수 있는 제어알고리즘을 소개한다. 제안하는 기법은 가변리미터(Variable Limiter)를 이용하여 고전압측 제어루프와 저전압측 제어 루프를 통합한 구조이며 상위제어기의 지령이 없어도 스스로 상황에 따라 제어대상을 바꿀 수 있다. 본 논문에서 제안하는 제어알고리즘은 시뮬레이션 및 시험 결과를 통해 타당성을 검증한다.

2. 양방향 제어 기법

그림 3은 제안하는 가변 리미터를 이용하여 그림 2의 두 개

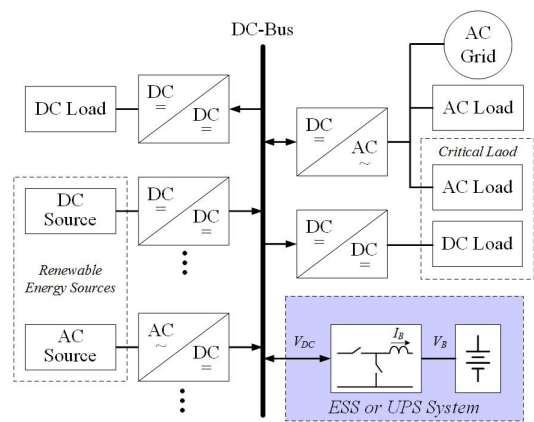


그림 1 직류마이크로그리드 시스템

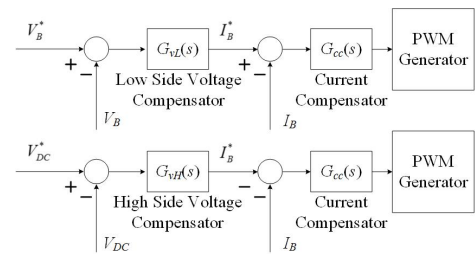


그림 2 제어대상에 따라 독립적인 기존 양방향 컨버터의 제어블록

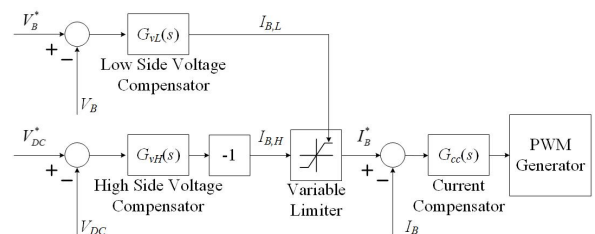


그림 3 제안하는 양방향 컨버터의 제어블록

의 제어블록의 전류제어기 $G_{cc}(s)$ 를 공통으로 사용하고 저전압측 제어기의 출력을 고전압측제어기 리미터의 상측값으로 사용하여 하나로 통합한 제어블록이다. 고전압측 제어기 $G_{vH}(s)$ 가

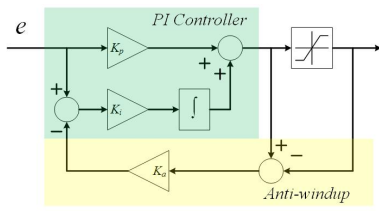


그림 4 각 제어기의 세부구조

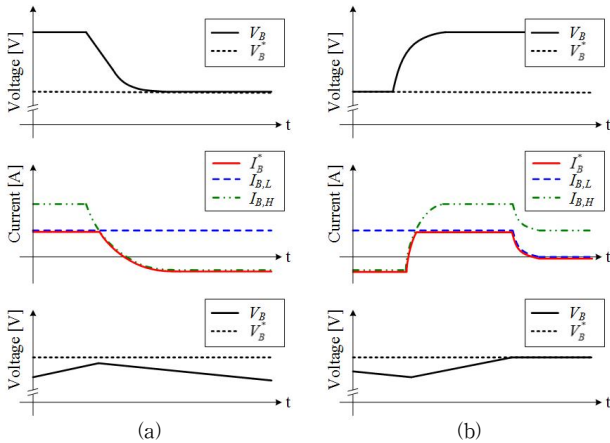


그림 5 입·출력 전환시의 주요파형 (a) 고전압측 제어로 전환 (b) 저전압측 제어로 전환

활성화되어있을 때는 저전압측 제어기 $G_{vL}(s)$ 은 비활성화되고 반대로 $G_{vL}(s)$ 가 활성화되면 $G_{vH}(s)$ 는 비활성화되어 상보적으로 동작하여 외부 지령없이 자율적인 제어전환이 가능하다.

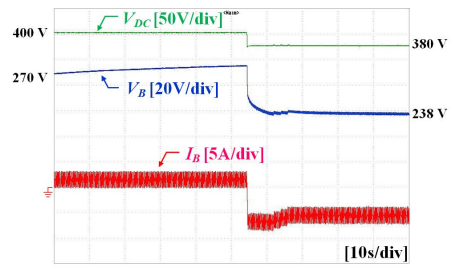
양방향 컨버터가 배터리를 제어하는 정상상태에서는 $G_{vH}(s)$ 의 출력을 가변리미터의 상측값으로 포화시켜 $G_{vL}(s)$ 의 출력이 I_B^* 가 되도록 한다. 계통이상으로 DC bus 전압이 감소하기 시작하면 포화되어 있던 $G_{vH}(s)$ 는 정상적으로 동작하기 시작하고 반면에 $G_{vL}(s)$ 는 컨버터의 출력에 아무런 영향을 주지 못하고 포화되어 비활성화 된다.

비활성화된 제어기의 출력은 각각의 리미터에 의해 포화되는데 이때 제어기 내부의 적분값이 너무 커지지 않게 제한하기 위하여 그림 4와 같이 각 제어기에 안티와인드업^[1]을 사용한다. 또한 안티와인드업을 사용함으로써 비활성 되어 있던 제어기가 다시 활성화 될 때 빠르게 정상상태로 회복될 수 있다.

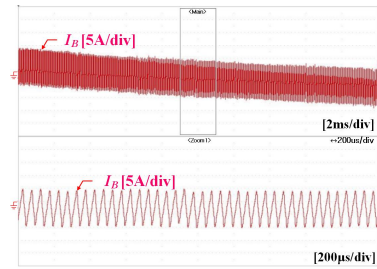
그림 5은 모드전환시의 주요 파형들이다. 그림 5 (a)는 DC Bus 전압이 정전압으로 유지되고 있고 컨버터는 배터리를 CC (Constant Current)모드로 충전하고 있는 도중 계통 이상에 의해 감소하는 DC Bus 전압을 제어 대상으로 전환하는 상황의 주요파형들을 보여준다. 그림 5 (b)는 DC Bus 전압이 다시 정전압을 유지하기 시작할 때 제어대상이 배터리를 CV(Constant Voltage) 전압이 되면 CC모드에서 CV모드로 전환된다.

3. 실험 결과

제안하는 제어알고리즘의 구현은 TI社의 TMS320F28335를 이용하였고 실험조건은 다음과 같다^[2].



(a)



(b)

그림 6 모드전환 실험 파형 (a) DC Bus 전압, 배터리 전압, 양방향 컨버터의 인덕터전류, (b) 인덕터전류의 확대 파형

$$\cdot V_L = 230V \sim 320V \quad \cdot V_H = 360V \sim 440V \quad \cdot P_o = 2kW$$

그림 6은 컨버터의 고전압측에 중요부하가 있는 상황에서 400V 직류전압원을 연결하여 저전압측에 연결된 배터리를 충전하던 도중 고전압측 직류전압원을 단락시켜 비상 상황을 구현하여 실험한 파형이다. 직류전압원이 단락되면 양방향 컨버터의 전류방향이 바뀌며 고전압측 전압을 미리 선정한 380V로 제어하기 시작한다. 그림 5 (b)는 (a)의 모드전환 되는 순간의 확대 파형이며 과도상태 없이 인덕터전류의 방향이 바뀌는 것을 확인할 수 있다.

4. 결 론

본 논문에서는 양방향컨버터의 자율적이고 끊임없는 입·출력 전환을 위한 새로운 제어기법을 제안한다. 제안한 방식은 가변리미터를 이용하여 저전압 및 고전압제어기를 하나로 통합하여 계통이상 발생시 ESS의 제어대상이 배터리에서 DC Bus 전압으로 상위제어기의 지령없이 끊임없는 전환을 가능케 함으로서 전력망내의 안정도를 높일 수 있다.

참 고 문 헌

- [1] C. Bohn, and D. P. Atherton, "An analysis package comparing PID anti windup strategies," *IEEE Trans. Control Systems*, vol. 15, no 2, pp.34 40, Apr. 1995.
- [2] J. Park, B. Jung, M. Kwon, S. Choi, "Development of 5kW Bi directional Low Voltage DC DC Converter for Eco friendly Vehicles," in *Power Electron. Annual Conference* pp. 97 98, Nov 2012.