

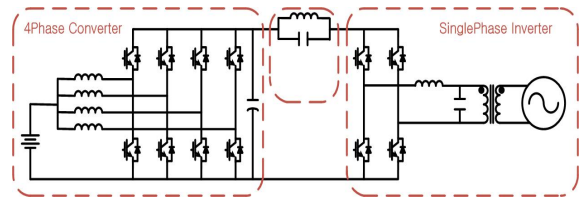
이차전지를 이용한 ESS용 5kW급 계통 연계형 PCS개발에 관한 연구

박지호*, 오승열*, 박병철*, 최정식*
전자부품연구원*

A study on Development of 5kW class Grid Connected type PCS for ESS using Secondary Battery

Ji-Ho Park*, Seung-Yeol Oh*, Byung-Chul Park*, Jung-Sik Choi*
Korean Electronics Technology Institute*

Abstract - 본 논문은 이차전지 에너지저장장치(ESS)을 위한 충·방전용 5kW급 계통 연계형 PCS(Power Conditioning System) 구성 및 실험에 대하여 서술하였다. 양방향 계통 연계형 PCS는 4Phase 인터리브드 DC/DC컨버터, 단상 계통 연계형 인버터로 구성된다. 4Phase 인터리브드 DC/DC컨버터를 통해 배터리 리플전류를 감소시켰으며, 계통에 의해 DC_Link에 발생하는 리플전류를 저감할 수 있는 L-C공진회로를 설계하고 실험하였다.



<그림 2> 제안한 5kW 계통 연계형 PCS

1. 서 론

현재 화석에너지의 고갈과 이산화탄소 배출의 문제로 태양광, 풍력, 이차전지 등과 같은 신재생에너지에 대한 관심이 많아지고 있다. 특히 이차전지는 모바일 혁명으로 크게 발전해왔으며, 스마트폰, 노트북과 같은 소형 IT에서부터 전기자동차, 에너지저장장치(ESS) 등과 같은 중대형으로 확대되고 있다. 그중 에너지저장장치는 지구 온난화에 의한 온실가스 증가와 환경, 에너지문제를 해결할 수 있는 핵심기술로 이차전지용 ESS개발이 중요시 되고 있다. 본 논문에서는 4Phase 인터리브드 양방향 DC/DC컨버터, 단상 계통 연계형 인버터로 구성된 이차전지를 이용한 ESS용 5kW급 계통 연계형 PCS를 제안하고 이에 대한 실험을 통해 타당성을 검증한다.

3.1 충전모드

계통전압 AC 220[V]는 0.4:1의 복권변압기로 PCS에 AC 88[V]가 인가되며, AC/DC인버터는 정류모드로 전압제어를 통해 DC_Link단에 160[V]를 유지한다. DC/DC컨버터는 Buck모드로 동작하여 전류제어를 수행하며, 일정 전압에 도달하면 전압제어로 동작한다.

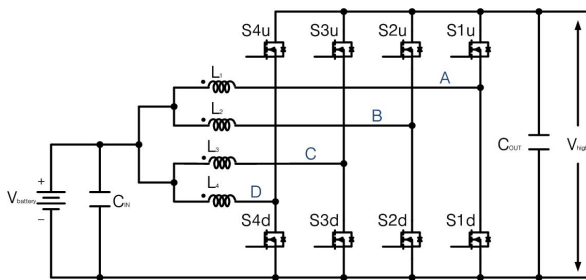
3.2 방전모드

DC/DC컨버터가 Boost모드로 동작하여 배터리 50[V]를 160[V]로 승압하며, AC/DC인버터는 인버터모드로 PLL제어를 통해 계통에 동상의 에너지를 공급한다.

2. 4Phase 양방향 DC/DC컨버터

그림 1은 본 논문에서 제안하는 4Phase 양방향 DC/DC컨버터 회로도이다. 4개의 비절연형 Half-Bridge컨버터를 병렬 연결하는 구조를 나타낸다. 입력전류는 병렬로 연결된 각각의 컨버터에 분배되어 소자의 전류정격 및 전류 스트레스를 감소시키고, 리액터 크기를 줄일 수 있다. 또한 스위칭 주파수의 증가로 출력전압, 전류리플이 감소하여 커패시터 수명 증가와 필터설계 시 용이한 장점을 가지고 있다.

인터리브 방식은 다상의 구조로 각 스위치는 360/N 만큼 위상차를 가지고 동작하며, 4Phase방식은 4쌍의 스위치가 90°의 위상차를 가지도록 제어한다.



<그림 1> 제안한 4Phase 양방향 DC/DC컨버터

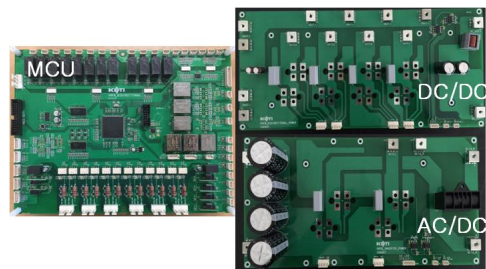
3. 5kW 계통 연계형 PCS

계통 연계형 PCS의 경우 60[Hz]의 계통전압이 정류되어, DC_Link 커패시터를 통해 평활 되지만, 120[Hz]의 리플이 발생하게 된다. 이러한 리플을 제거하기 위해 DC_Link단에 병렬로 연결된 L-C를 직렬 연결한 공진회로를 설계하였다. L-C공진회로는 계통에 의해 발생한 120[Hz]와 동일한 주파수로 동작시켜 상쇄효과에 의해 리플 감소할 수 있다.

그림 2는 제안한 이차전지 ESS용 5kW 계통 연계형 PCS를 나타낸다. PCS는 4Phase 양방향 DC/DC컨버터, 리플저감을 위한 L-C공진회로, Full-Bridge방식의 단상 계통 연계형 인버터 그리고 계통과 인버터간 복권변압기로 구성된다.

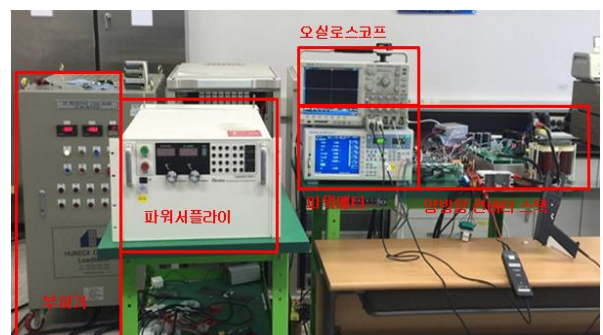
4. 실험 결과

그림 3은 5kW 계통 연계형 PCS 프로토타입을 나타낸다. MCU보드는 DSP 28335로 DC/DC 컨버터와 AC/DC 인버터를 제어하였다.



<그림 3> 5kW 계통 연계형 PCS 프로토타입

그림 4는 제안한 5kW 양방향 계통 연계형 PCS성능시험을 위한 구성도를 나타낸다.



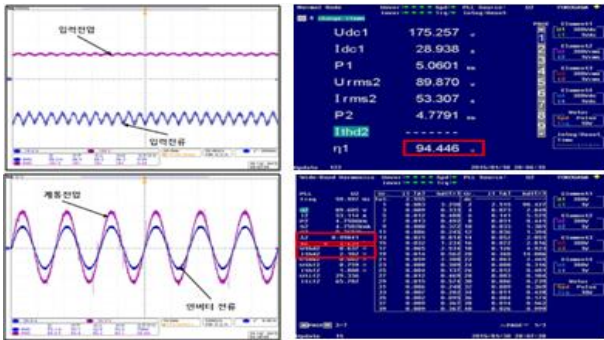
<그림 4> 성능시험 구성도

표 1은 앞에서 구성한 내용을 바탕으로 5kW 계통 연계형 PCS를 설계한 사양이다.

<표 1> 5kW 계통 연계형 PCS 사양

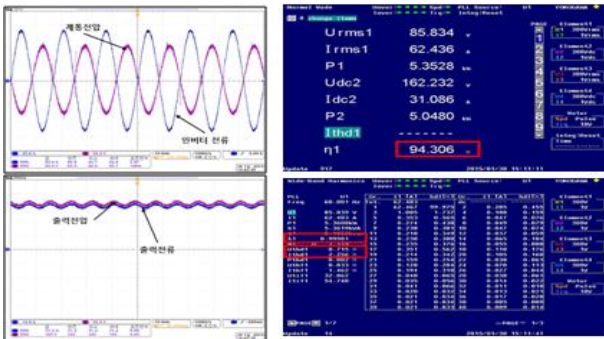
시스템 용량	5 [kW]	컨버터용 리액터	200 [uH]
배터리전압	50 [V]	공진용 리액터	2 [mH]
DC_Link 전압	160 [V]	공진용 커패시터	800 [uH]
계통전압	88 [V]	인버터 출력 리액터	400 [uH]
스위칭주파수	10 [kHz]	인버터 출력 커패시터	4.5 [uF]

그림 5는 5kW 방전모드실험에서 출력파형과 AC/DC인버터에 대한 파워메터로 측정된 효율, THD를 나타낸다. 계통전압과 전류가 동상이며, 효율: 94.4%, THD: 2.1%를 확인할 수 있다.



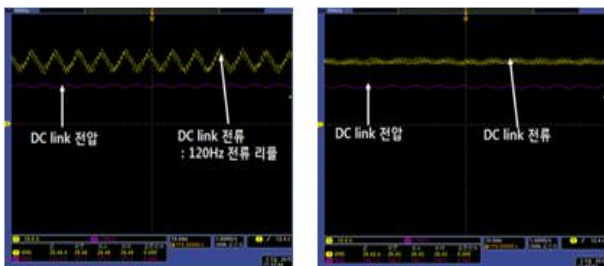
<그림 5> 방전모드 출력 파형, 효율 및 THD

그림 6은 5kW 충전모드실험에서 출력파형과 AC/DC인버터에 대한 파워메터로 측정된 효율, THD를 나타낸다. 계통전압과 전류가 역상이며, 효율: 94.3%, THD: 2.2%를 확인할 수 있다.



<그림 6> 충전모드 출력 파형, 효율 및 THD

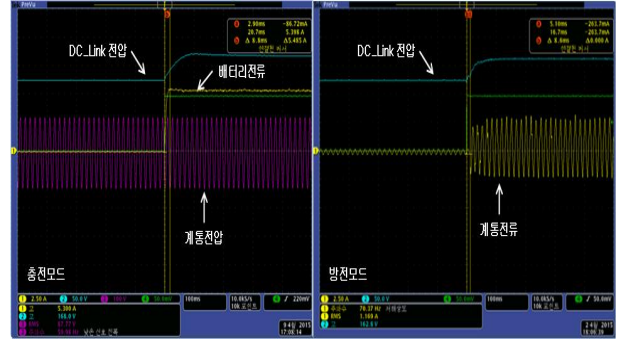
그림 7은 계통에 의해 발생하는 DC_Link단 전류리플과 L-C공진을 이용한 DC_Link단 전류리플 비교파형을 나타낸다. 120[Hz]의 전류리플을 L-C공진회로를 통해 감소됨을 확인할 수 있다.



<그림 7> LC공진을 이용한 DC_Link 전류리플 비교파형

그림 8은 계통 연계형 PCS의 응답파형을 나타낸다. 충전모드 시 배터리 전류가 정상상태까지 9ms내에 도달하며, 충전모드 시 계통에 전달되

는 전류는 정상상태의 80%까지 9ms내에 구동됨을 확인할 수 있다.



<그림 8> 충전모드 응답파형

3. 결 론

제시한 4Phase 양방향 DC/DC컨버터를 각각 90° 위상지연 제어를 수행하여, 입력전류 분배와 스위칭주파수 증가로 리액터에 걸리는 전류를 낮추고, 시스템 크기를 줄일 수 있다. 또한 DC_Link단에 계통에 의해 발생된 120[Hz]의 리플전류는 동 주파수의 공진회로로 상쇄시켜 리플을 저감하여 배터리 및 커패시터의 수명을 증가시키는 등 에너지저장장치에 전력을 효율적으로 제공하였다.

본 연구는 산업통산자원부와 한국산업기술진흥원의 지역특화산업육성사업(R0003348)으로 수행된 연구결과입니다.

[참 고 문 헌]

- [1] Liming Liu, "A Single-stage grid-connected inverter with wide range reactive power compensation using energy storage system(ESS)", Applied Power Electronics Conference and Exposition (APEC), PP. 223-230, 2010
- [2] Wenliang Wang, "Grid-Connected wind farm power control using VRB-based energy storage system", Energy Conversion congress and Exposition (ECCE), pp. 3772-3777, 2010
- [3] T. Zhou and B. Francois, "Energy management and power control of a hybrid active wind generator for distributed power generation and grid integration,"IEEE Trans. Ind. Electron., vol. 58, no. 1, pp. 95-104, 2011.
- [4] M. Ahmadi, K. Shenai. "New, Efficient, Low-Stress Buck/Boost Bidirectional DC-DC Converter", in Proc. IEEE Energy Tech, pp.1-6, 2012.