

대용량 방전 특성과 완속 충전 기능을 갖는 배터리 충·방전 시스템

이동현*, 김학원†, 조관열*, 이용규**
한국교통대학교*, (주)성암전기**

Battery charge system with Characteristics of Fast Discharge and slow charge

Dong hyun Lee*, Hag Wone Kim†, Kwan Yuhl Cho*, Young Gyu Lee**
Korea National Univ of Transportation*, Sungam electric**

ABSTRACT

본 논문에서는 비상 전원 공급 장치(emergency power supply 이하 EPS)를 위한 양방향 컨버터에 대하여 다룬다. 비상 전원 공급 장치용 양방향 컨버터는 대용량의 방전을 위한 Full Bridge(이하 PSFB)와 완속 충전을 위한 Two Transistor Forward converter로 구성된 비상전원 장치용 배터리 충·방전 시스템을 제안한다.

1. 서 론

EPS의 가장 큰 역할은 정전 사고 발생 시 배터리 전압을 이용하여 원하는 일정 시간 동안 부하에 필요한 양질의 전압을 공급하는데 있다.^[1] 정전 사고 시 배터리에 충전된 에너지를 사용하여 비상 부하 구동에 충분한 큰 용량의 전력을 부하에 전압을 공급해야하기 때문에 배터리 방전 컨버터의 역할이 시스템의 신뢰성 부문에서 매우 중요한 부분을 차지한다.^[2] 한편 EPS 충전 시스템은 상용 전원이 정상적으로 공급될 때 비상 전원용 배터리를 충전한다. 일반적으로 EPS는 양방향 DC/DC 컨버터를 충방전 회로로 사용한다. 양방향 DC/DC 컨버터는 하나의 변압기를 중심으로 1차 측과 2차 측에 대용량 방전에 적합한 회로를 구성한다.^[3] 그로 인해 충방전 시스템의 회로가 복잡하고 재료비가 증가하는 문제점을 가지며 또한 빠른 충방전으로 인하여 배터리의 수명의 빠른 열화 문제를 갖는다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 본 논문에서는, 정상 전원이 공급되는 충전 시는 완속으로 충전하고 정전으로 비상 전원이 필요한 경우인 방전 시는 대용량으로 방전하는 양방향 컨버터를 구성하여 시스템의 가격을 낮추고 동작 신뢰성을 확보할 수 있는 양방향 DC/DC 컨버터를 제안한다. 본 논문에서 제안하는 양방향 컨버터는 충전용 포워드 컨버터와 방전용 PSFB를 사용하여 회로를 구성하고, 제안한 방식의 충·방전 시스템의 타당성을 검증하기 위하여 시뮬레이션을 하였다.

2. 본 론

2.1 EPS 충·방전 컨버터

그림 1은 일반적인 대용량 양방향 풀브리지 DC/DC 컨버터를 나타내며 양방향의 전력 전달이 가능하도록 두 개의 풀 브

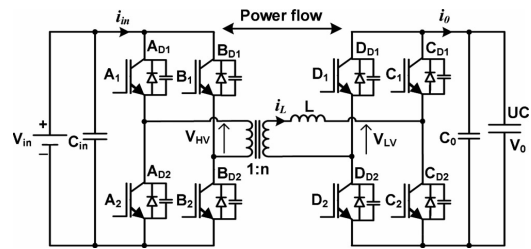


그림 1 일반적인 양방향 DC/DC 충방전 시스템^[3]

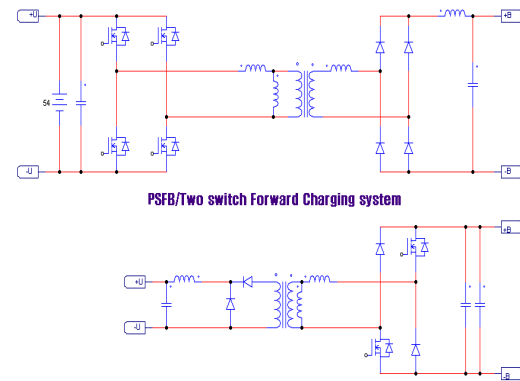


그림 2 제안하는 EPS용 양방향 DC/DC 충방전 시스템

리지로 구성되어 있다. 양방향 풀브리지 DC/DC 컨버터는 하나의 변압기를 사용하고 충전 회로를 1차측에 방전 회로를 2차측에 구성하여 양방향의 전력 흐름을 가능하게 하는 방식으로 양방향 액티브 브리지(Dual Active Bridge, 이하 DAB) 방식이라고도 한다.^[3] 그러나 이 방식은 충전회로와 방전회로를 동일한 전력용 반도체 소자를 사용하여 제어하므로 충전 회로와 방전 회로의 용량을 달리 설계하는 것이 불가능하다. 한편, 그림 2는 본 논문에서 제안하는 EPS 시스템의 충방전 시스템을 나타낸다. 상용 계통으로부터 주 전원의 전력 공급이 원활 할 때, 주 전원을 통하여 부하에 전력 공급과 동시에 완속 충전이 가능한 포워드 컨버터를 사용하여 배터리를 충전한다. 정전시 PSFB 컨버터를 통하여 대용량의 배터리 방전 동작을 통하여 비상 DC 전원을 공급한다. 방전시 동작하는 PSFB는 다른 방전 시스템보다 스위칭 손실과 출력 인덕터 전류 리플이 적어 대용량에 적합하며 저 전압 충전 보다 빠르게 방전하는 특성으로 인하여 시스템에 전반적인 순환 속도를 높일 수 있으며 완속 충전을 담당하는 포워드 컨버터는 전력용 반도체 소자의 숫자가

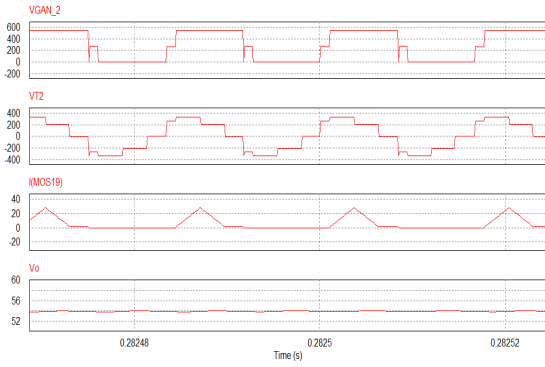


그림 3 DAB converter system 의 충전모드 시 파형.
(a) 스위치 전압 스트레스 파형, (b) 변압기 1차측 파형, (c) 스위치 전류스트레스 파형, (d) 출력 전압 파형.

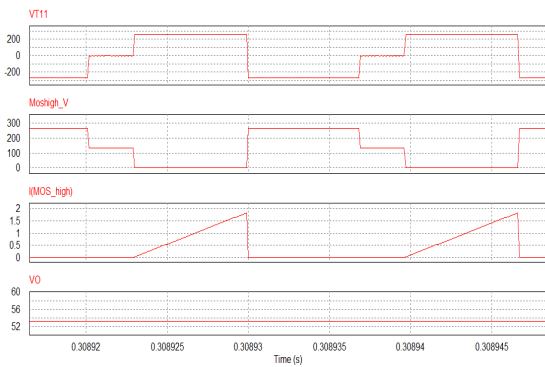


그림 4 PSFB/Two switch system 의 충전모드 시 파형.
(a) 변압기 1차측 파형, (b) 스위치 전압스트레스 파형, (c) 스위치 전류 스트레스 파형, (d) 출력 전압 파형.

표1 two switch forward/PSFB 충전 파라미터 값

ITEM	forward/PSFB		DAB converter	
	Value	Unit	Value	Unit
Turn ratio (충전 운행 시)	4:1	-	5:1	-
Input Voltage(V_{\in})	264~330	V (rms)	540	V (rms)
Output voltage	54		54	
primary of Voltage (rms)	240		295	
switch voltage	180		380	
The number of switch	2/4		4/4	
switch of power stress	184w * 2		2.4kW*4	
Switching frequency	60(kHz),			

적고 두 개의 스위치를 동시에 제어하므로 제어회로가 간단하여 신뢰성 있는 충전 시스템을 구성할 수 있다.

스위치 소자의 걸리는 전압 스트레스를 구하기 공식은 식(1)과 같다.

$$P_{str} = \sum V_{peak} * I_s \quad (1)$$

2.2 양방향 DAB 방식과 제안하는 방식의 EPS 비교

본 절에서는 기존의 양방향 DAB 컨버터 방식과 제안하는 컨버터 방식의 EPS의 특성을 충전 방식을 통하여 비교하고자 한다. 일반적으로 EPS는 비상 전원으로 동작할 시는 동일한 대용량의 방전 특성을 요구하므로 동일한 용량을 가지므로 두 방식의 차이점이 크게 없다.

그림 3은 일반적인 양방향 DAB 컨버터의 충전 동작을 PSIM을 통하여 모의 해석한 결과이다. 동일한 정격 출력 전압을 기준으로 하였을 시에 비교한 결과 DAB 컨버터는 대용량의 충전 특성으로 인하여 스위치의 높은 전압·전류 스트레스를 보이는 것을 확인하였다. DAB 컨버터의 경우 두 개의 풀 브리지를 사용하고 대용량 충·방전이 가능하므로 빠른 충전 특성을 가지나 1차측에 높은 전압 스트레스를 가지는 전력용 반도체 소자의 사용이 요구되어 재료비가 상승한다. 그림 4는 제안하는 EPS 전원 장치의 충전 동작을 모의해석한 결과이다. 두 개의 스위치로 인하여 스위치의 내압이 1/2 감소하는 구간으로 인하여 전압스트레스의 부담을 덜어주며 소용량 충전 특성을 갖고 있기에 DAB 컨버터 보다 낮은 전압으로 충전을 하며 스위치의 낮은 전압 전류 스트레스를 갖는 것으로 보인다. 반면 제안하는 EPS 충·방전 시스템은 충전 시 완속 충전을 실행하며 방전 시 PSFB 방식으로 빠르게 방전을 하는 특성을 얻는다. 이는 EPS는 계통 전압이 안정되어 있는 거의 대부분의 시간을 배터리로 완속으로 충전하므로 전력용 반도체 소자의 스트레스를 대폭 저감할 수 있어 재료비가 낮고 제어회로가 간단한 장점을 가지고 있다. 표1은 두가지 방식의 파라미터를 비교한 결과이다. DAB 방식은 전력 소자의 총 스트레스가 9.6kW 이나 제안하는 방식은 전력 소자의 총 스트레스가 370w 로 EPS용 전력 공급 시스템으로 더 적합함을 알 수 있다.

3, 결 론

대용량 대용량 충/방전 특성을 가지고 있는 기존 양방향 DC DC 컨버터에 비해 소용량 대용량 충/방전 특성을 가지며 그로인한 경제성/제어회로의 간략화/변압기의 최적 설계를 얻을 수 있었고 제안하는 시스템의 타당성을 입증하였다.

본 논문은 (주)성암 전기의 연구비 지원에 의하여 연구되었음.

참 고 문 헌

- [1] D.U.Kim, H. J. Shin S. P. Ryu, B. G. Min, "DSP를 이용한 무정전전원장치 개발", , 전력전자학회, 전력전자학회 2001년 학술대회 논문집 2001.7, page(s):292 295
- [2] Yong Seop Byeon, Seung Beom Lim, Sun Man Kwon, Jun Young Lee, Soon Chan Hong, "배터리 방전기 기능을 포함한 무정전전원장치의 PFC 설계" 전력전자학회, 전력전자학회 2013년도 전력전자학회대회 논문집 2013.7,page(s) :5 6
- [3] R. T. Naayagi, Andrew J. Forsyth, and R. Shuttleworth, "High Power Bidirectional DC DC Converter for Aerospace Applications," IEEE Trans. on PE, Vol. 27, No. 11, pp. 4366 4379 NOV. 2012