

### Full-bridge 방식의 절연형 DC/DC 컨버터

허민호\*, 박성준\*, 김광현\*, 송성근\*\*, 김중권\*\*\*  
 전남대학교\*, 전자부품연구원\*\*, 준성ENR\*\*\*

### Isolated DC/DC Converter Using Full-Bridge Topology

Min-Ho Heo\*, Sung-Jun Park\*, Kwang-Heon Kim\*, Sung-Geun Song\*\*, Jong-Kweon Kim\*\*\*  
 Chonnam National University\*, Korea Electronics Technology Institute\*\*, Junsung ENR\*\*\*

**Abstract** - 견인용 시스템에 있어서 구동모터의 효율증대를 위해서는 고압전원이 필수적이며 이를 위해 일반적으로 승압 DC/DC 컨버터 사용하고 있으나, Hard Switching 방식의 PWM 컨버터로는 효율향상에 한계가 있으며 동특성이 저하되는 단점이 있다. 본 논문에서는 새로운 방식의 절연된 차량용 고압 DC/DC 컨버터를 이용하여 효율 및 동특성을 개선하기 위해 Full-bridge 컨버터와 Double-half-bridge 컨버터를 이용한 소프트 스위칭 방식으로 고효율화를 달성하고 컨버터의 동특성을 향상시켰다.

#### 1. 서 론

산업 시설 및 수송 수단에 의한 대규모 오염물질에 의한 환경 문제가 심각하게 대두되면서 최근 ZEV(Zero Emission Vehicle)에 대한 관심이 고조되어 자동차 관련업체들은 견인용 전기자동차의 개발에 박차를 가하고 있다. 이러한 견인용 시스템에 있어서 구동모터의 효율증대를 위해서는 고압전원이 필수적이거나, 차량에 장착된 배터리시스템은 안정성을 고려하여 낮은 전압으로 구성되어 있어 시스템 고효율화를 위해서는 승압 DC/DC 컨버터 사용이 일반적이며 사용자 안전을 위하여 절연이 필수적이다. 특히 이동용 전력변환기는 이동 거리 증대를 위해 우수한 효율 및 발전제동 특성이 구비되어야 하며, 동특성이 우수한 발전제동 알고리즘에 대한 연구가 주안점이 되고 있다.

그러나 승압형 DC/DC 컨버터의 경우 제동시 발생하는 에너지를 회생제동모드로 동작하여 사용함으로써 에너지 이용률이 저감되고 있고, 최근 이를 극복하기 위한 발전제동 및 동특성 개선에 대한 연구가 현재 활발히 진행되고 있다. 현재, 대부분의 견인용 전기자동차의 전력변환시스템은 하드 스위칭 방식이 주류를 이루고 있어 효율향상에 한계가 있으며 출력전압제어기를 이용한 방식의 에너지회수시스템이 구성되어 있어 동특성이 저하되는 단점이 있다.

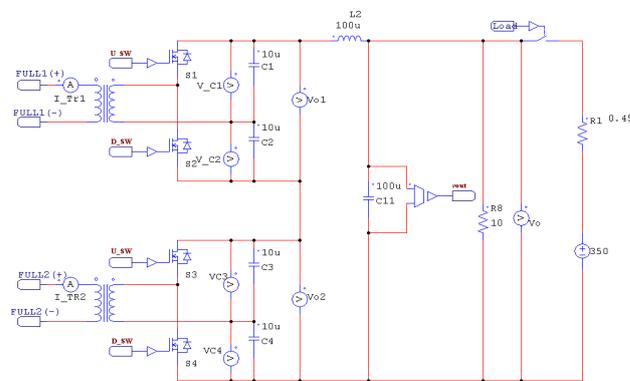
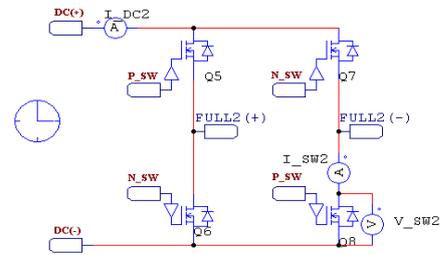
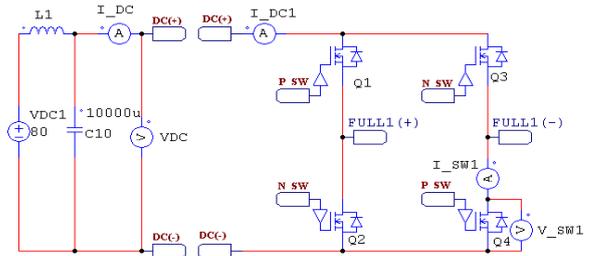
본 논문에서는 효율 및 동특성이 우수하며 발전제동이 가능한 새로운 방식의 절연된 차량용 고압 DC/DC 컨버터를 제안하고자 한다. 제안된 절연형 DC/DC 컨버터는 변압기 1차 측에 소프트 스위칭 방식의 Full-bridge 컨버터로 구성하였으며, 변압기 2차 측에 소프트 스위칭 방식의 Dual Half-bridge 컨버터를 구성하였고, ZCS 소프트 스위칭 방식을 구현함으로써 고효율화를 달성하였다. 또한, 컨버터 출력전압제어방식과 달리 에너지수수특성을 인버터 동작 영역으로 전가시켜 동특성을 향상시켰다.

#### 2. 본 론

##### 2.1 고효율 DC/DC컨버터의 구조 및 해석

견인용 전기자동차용 전동기의 효율 개선을 위해서는 고압전원이 필수적이며 이를 위해 일반적으로 승압 DC/DC 컨버터 사용하고 있다. DC/DC 컨버터의 1차 측에는 소전압, 대전류 형태이며 전력 소자의 스위칭 손실에 대한 대책이 요구되고 있다. 이를 개선하기 위해서 Series Resonant Circuit를 이용하는 Soft Switching DC/DC컨버터 개발이 필수적이다. 또한 견인용 전기자동차의 특성개선을 위해서는 순시적 양방향 수수가 가능한 DC/DC컨버터의 개발이 필요하다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 순시적 양방향 전력수수 및 Soft Switching 기능을 갖는 DC/DC 컨버터를 그림 1에서 제안하였다. 그림 1의 Soft Switching 방식 컨버터는 L-C resonant Tank 공진에 의해 전압, 전류가 Oscillating하여 부하에 공급되며, 스위치 상태는 영점류 지점에서 바뀐다. 본 연구에서 사용되는 Tank 타입은 콘덴서에 병렬로드를 가진 Series Resonant Circuit를 이용하는 Soft Switching DC/DC컨버터이다.

제안된 견인용 DC/DC컨버터는 변압기의 누설 리액터와 변압기 2차측 콘덴서에 의해 공진회로를 구성하는 방식으로 양방향전력 수수시 공진 주파수를 같게 하기 위해 1:1 고주파 변압기를 사용하였으며, 이로 인해



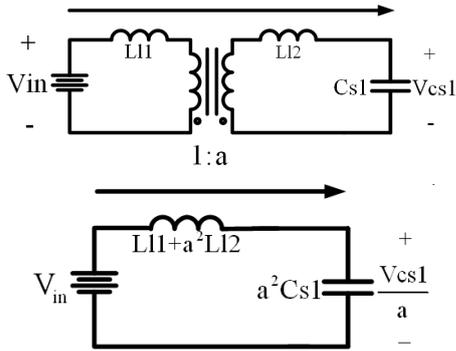
<그림 1> ZCS용 2조 DC/DC 컨버터의 구성

출력전압은 입력전압의 2배인 구조를 취하고 있다. 변압기를 사용하는 경우 1차 임피던스는 변압기의 권수비의 제곱에 비례하므로 변압기의 권수비가 다를 경우 1차에서 본 임피던스와 2차에서 본 임피던스가 공진주파수가 다르게 나타난다. 그림 2는 전력전달시 1차 측에서 본 특성임피던스를 분석하기 위한 등가회로도이다. 이때 1차 측에서 본 등가 리액터 및 커패시턴스는 아래와 같다.

$$L = L_{11} + a^2 L_{12} \tag{1}$$

$$C = a^2 C_{s1} \tag{2}$$

따라서 동일 스위칭 주파수로 스위칭 하기 위해 1차 및 2차 측에서 본 특성 임피던스를 같게 하려면 변압기의 권수비가 1이 되어야 한다. 또한 그림 1에서 승압비를 높이기 위해 절연형 Series Resonant Circuit를 이용하여 2차측을 직렬로 하는 구조를 취하게 하였다. 따라서 그림 2에서 입출력 승압비는 4배가 되는 구조가 된다. 1차 배터리 전압이 80V 인 경우 출력은 320V로 220V용 전동기 구동으로 적합한 전압이 된다.



**<그림 2> 변압기의 특성 임피던스 분석**

그림 2와 같은 공진회로에 콘덴서에 병렬로드를 가진 경우 전압전류 관계식은 아래와 같다.

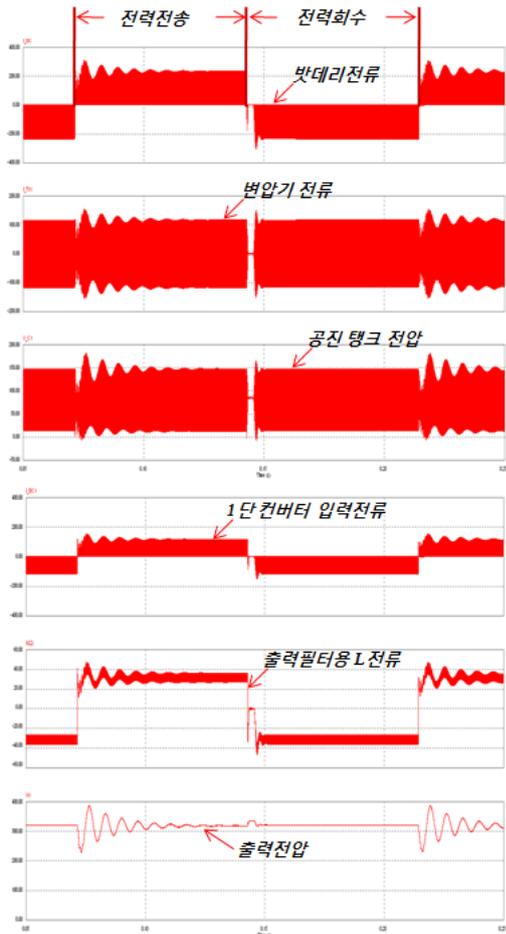
$$i_L(t) = I_o + I_o \cos(\omega_n t) + \frac{V_{dc} - V_{co}}{Z_n} \sin(\omega_n t) \quad (3)$$

$$v_c(t) = V_{dc} - (V_{dc} - V_{co}) \cos(\omega_n t) - Z_n I_o \sin(\omega_n t) \quad (4)$$

단,  $Z_n = \sqrt{\frac{L}{C}}$  (Characteristic Impedance)

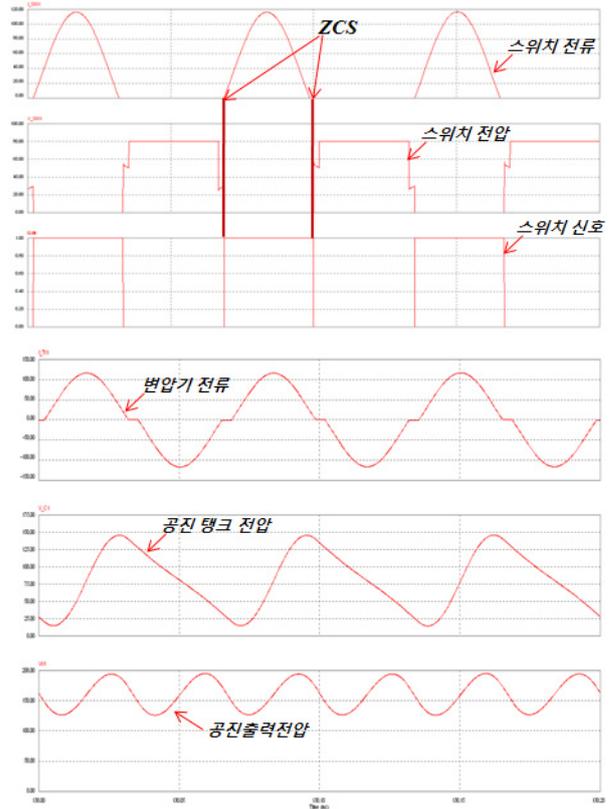
$\omega_n = \frac{1}{\sqrt{LC}}$  (Angular Resonance Frequency)

**2.2 시뮬레이션 결과**



**<그림 3> 양방향 전력수수 특성**

그림 3은 제안된 소프트 스위칭 방식 DC/DC 컨버터의 전력양방향 특성을 조사하기 위한 시뮬레이션 결과이다. 견인용 전기자동차가 7Hz로 급가속 및 급감속을 행하는 경우의 결과이며, 그림에서 보는바와 같이 배터리 전류는 정역방향으로 양호하게 변함을 알 수 있었고, 배터리 전



**<그림 4> Soft Switching 특성**

류에 비하여 1단의 컨버터 전류가 정확히 절반이 되게 동작함으로 부하 분담이 양호하게 나타났다. 양방향 부하 급변 시 출력전압의 오버슈트는 약 20%가 됨을 알 수 있었다.

그림 4는 그림 3에서 1.3초시의 Soft Switching 특성을 조사하기 위한 파형이다. 이때 출력전압은 320V, 출력은 정격 10kW이며, 스위칭 주파수를 15kHz로 설정한 경우에 스위치 온, 오프시 양호한 ZCS가 됨을 확인할 수 있었으며, 공진 탱크의 전압도 항상 +가 됨을 확인할 수 있었다.

**3. 결 론**

본 논문에서는 하드스위칭 컨버터에서 치명적인 약점을 보완하기 위해 효율 및 동특성이 우수하며 발전제동이 가능하며 Soft Switching 방식을 이용한 새로운 방식의 절연형 차량용 고압 DC/DC 컨버터를 제안하였으며, 변압기에 존재하는 기생 인덕터 성분을 공진회로에 이용함으로써 기생발진을 최소화 시킬 수 있는 특성을 갖고 있으며, 공진을 위한 인덕터를 누설인덕터로 대체함으로써 고전력 밀도화를 위한 전력회로가 가능함을 증명할 수 있었다. 또한 제동시 발생하는 에너지를 회생제동모드로 동작하여 사용함으로써 발전제동 및 동특성을 개선하였다.

본 연구는 산업자원부와 한국산업기술재단의 지역혁신 인력양성사업으로 수행된 연구결과임.  
본 연구는 지식경제부의 에너지자원 인력양성사업을 통한 지원으로 수행되었음.

**[참 고 문 헌]**

[1] Jain, M.; Jain, P.K.; Daniele, M, "Analysis of a bi-directional DC-DC converter topology for low power application", IEEE 1997 Canadian Conference on, Volume 2, 548 - 551, 1997  
 [2] T. Ahmed, T. Hiraki, E. Morimoto, K. Ahmed, Ki-Young Suh, Hyun-Woo Lee, Nakaoka, M, "New auxiliary active lossless snubber soft switching PWM high frequency inverter-fed DC-DC power converter", ICEMS 2005. Proceedings of the Eighth International Conference on, Volume 2, 1090 - 1094, 2005  
 [3] 한상규, 문건우, 윤명중, 윤원기, "전압 리플을 이용해 영전류 스위칭하는 두 개의 트랜스포머를 가지는 위상천이 풀-브릿지 컨버터", 전력전자학회지, Vol. 11, No. 1, 14 - 21, 2006