

# 고전압 대용량 유도전동기 구동용 H-브릿지 멀티레벨 인버터의 개발 및 상용화

박영민\*, 유한승\*, 이현원\*, 정명길\*, 이세현\*

\*현대중공업(주)

## Development and Commercialization of H-Bridge Multilevel Inverter for Medium-Voltage & High-Power Induction Motor Drives

Young-Min Park\*, Han-Seong Ryu\*, Hyun-Won Lee\*, Myung-Gil Jung\*, and Se-Hyun Lee\*

\*Hyundai Heavy Industries Co., Ltd.

### ABSTRACT

본 논문에서는 신뢰성 있으며 실용적인 고전압 대용량 유도전동기 구동용 H-브릿지 멀티레벨 인버터를 개발하여 산업 현장에 적용한 내용을 소개한다. PEBB (Power Electronics Building Blocks)에 기초한 신뢰성 있는 전력회로 및 분산제어, 그리고 실용적인 PWM (Pulse Width Modulation) 방식을 적용하였다.

### 1. 서론

H-브릿지 멀티레벨 인버터 시스템의 각 상은 직렬 접속된 여러 개의 Power Cell로 구성된다. 각각의 Power Cell은 독립된 단상 인버터 구조이며 여러 개의 Power Cell을 직렬로 연결함으로써 저전압 Power Cell, 즉 저전압 전력용 반도체를 사용하여 고전압을 얻을 수 있고, 또한 Power Cell의 수에 따라 출력 전압 레벨의 갯수가 증가하여 정현파에 가까운 전압 파형을 얻을 수 있다. 입력측 변압기는 2차측 탭간에 위상차를 두어 Multi-pulse 방식의 정류기형 컨버터를 구성함으로써 기존의 6-pulse 정류 방식에 비하여 아주 낮은 입력단 THD (Total Harmonic Distortion) 특성이 있다. 인버터 최종 출력 전압은 Power Cell의 갯수를 조정함으로써 대응이 가능하다. 따라서, 입력력 전력 품질이 우수하며 강압 및 승압 변압기, 입출력 필터 그리고 고전압 전력용 반도체 소자를 사용하지 않으면서 고전압 전동기를 직접 구동할 수 있는 우수한 전력 토폴로지이다.<sup>[1][2]</sup> 하지만 다양한 고전압 대용량 전동기에 대응할 수 있는 모듈화된 전력회로 구성, 유연성 있는 제어 구조의 미확립, 제어해야 할 많은 전력용 반도체 소자에 의한 PWM 구현의 복잡성 등으로 H-브릿지 멀티레벨 인버터의 상업화는 많은 어려움이 있다.

## 2. 개발된 H-브릿지 멀티레벨 인버터

### 2.1 모듈화된 전력회로: Power Cell

전력변환 장치의 모듈화 및 표준화 개념인 PEBB (Power Electronics Building Blocks)을 적용한 Power Cell 단위로 설계하였다. H-브릿지 멀티레벨 인버터의 Power Cell은 하나의 완전한 단상 인버터 구조로서 입력 퓨즈, 다이오드 정류부, 전해 Capacitor, IGBT Module, IGBT Driver, SMPS 그리고 Power Cell 제어기로 구성된다. 따라서 H-브릿지 멀티레벨 인버터의 각 상에 Power Cell을 직렬로 결선하기 전에 단상으로 구성된 Power Cell을 단독으로 시험할 수 있어 시스템 개발, 제작, 성능실험 그리고 유지보수에 편리함이 있다. Power Cell을 단독 실험 할 경우, Power Cell 제어기 내부 인터럽트를 이

용한 PWM를 발생한다. Power Cell을 조합한 전체 H-브릿지 멀티레벨 인버터 운전시에는 CAN 통신 인터럽트와 Power Cell 제어기 내부에 저장된 위상 전이값을 이용하여 PWM를 발생하여 멀티레벨 전압을 출력한다.

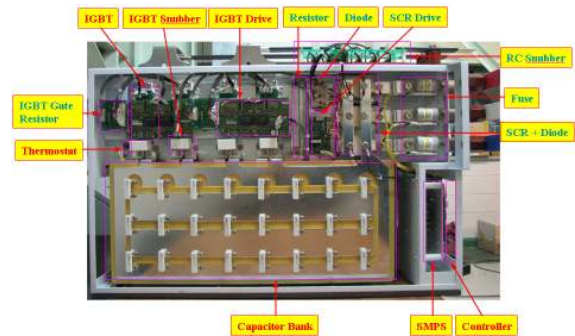


그림 1. Power Cell

### 2.2 분산 제어 장치의 구성

PEBB 개념을 따워 모듈에 한정하지 않고 제어 장치에 확대함으로써 다양한 용량의 대용량 고전압 전동기 구동 장치인 H-브릿지 멀티레벨 인버터의 모듈화, 신뢰성 향상, 유지 보수 편리성, 그리고 생산성 향상을 목적으로 하였다. 이를 위해 주 제어기와 Power Cell 제어기로 구분한 분산 제어기로 구성하였으며, 주 제어기는 전동기 가변속을 위해 속도와 전류 제어를 수행하며, Power Cell 제어기는 주 제어기의 기준 전압값에 의한 PWM 발생, PWM 위상 전이, 그리고 Power Cell 단위의 감시 및 보호 기능을 수행한다.

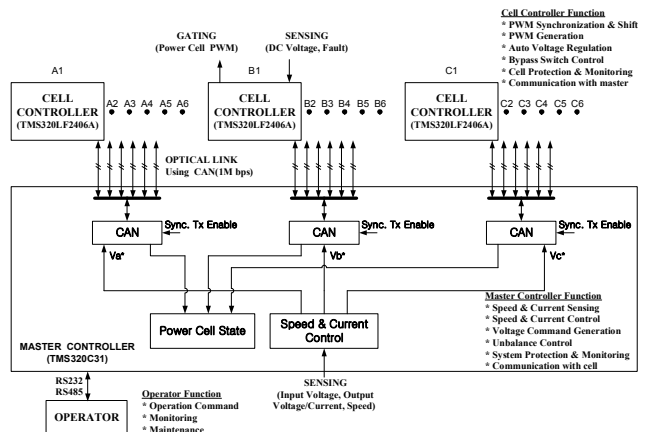


그림 2. 제어 장치의 구성

### 2.3 PWM 구현

본산 구조의 H-브릿지 멀티레벨 인버터의 서로 다른 Power Cell 출력 전압 제어를 위한 PWM 동기 시점을 위해 CAN 통신 인터럽터를 사용하고, 개별 Power Cell 제어기의 내부 타이머에 의해 위상 전이된 PWM을 출력하여 2레벨의 단상 인버터 출력을 멀티레벨화 하였다.

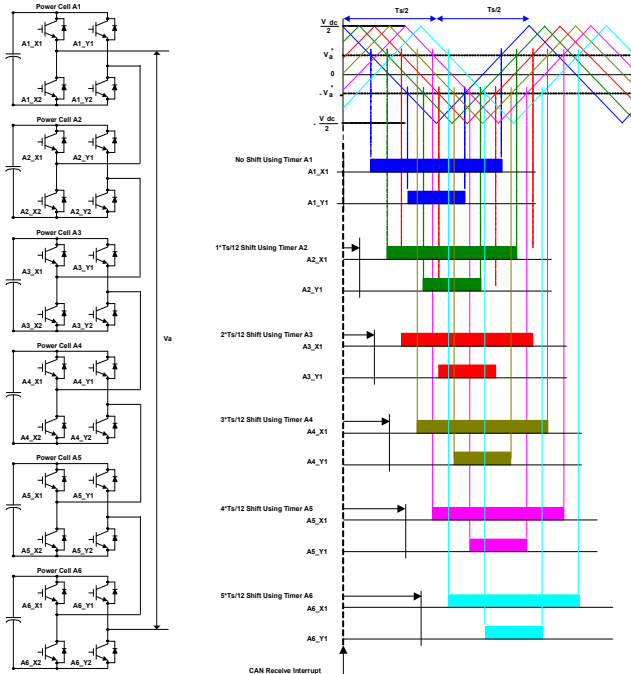


그림 3. CAN 통신 인터럽터를 적용한 PWM 구현

### 2.4 개발된 H-브릿지 멀티레벨 인버터

그림 4는 단상 인버터의 직렬 연결로 구성된 3상 H-브릿지 멀티레벨 인버터의 전력회로이며, 그림 5는 PEBB과 본산 제어 구조로 구현된 6600V 2MVA 시스템이다. 그림 6은 입출력 전압/전류이며 H-브릿지 멀티레벨 인버터의 우수한 전력품질을 보여준다.

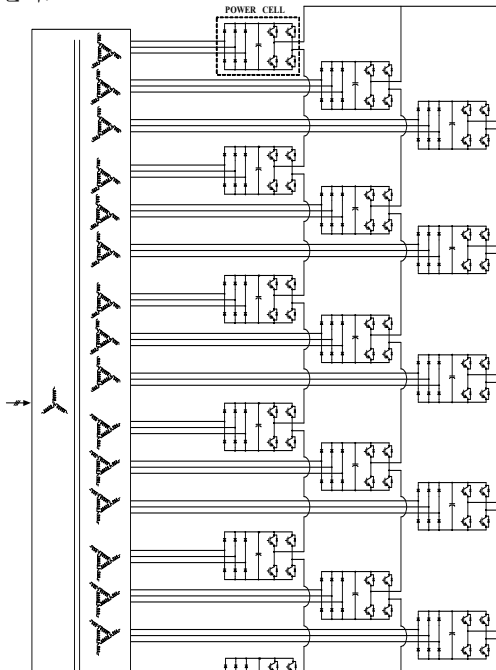


그림 4. H-브릿지 멀티레벨 인버터 전력 회로



그림 5. 개발된 H-브릿지 멀티레벨 인버터

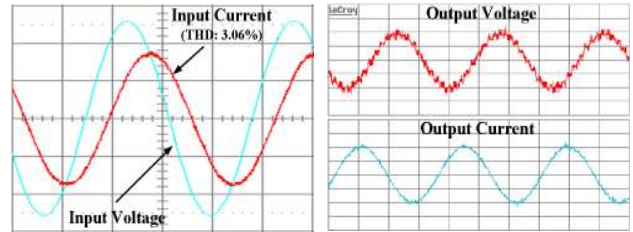


그림 6. 입출력 전압 및 전류

### 2.5 산업현장 적용 사례

그림 7은 국내 산업현장의 여러 부하에 적용된 사례이며, 최근 해외 수주로 꾸준히 판매가 증가하고 있다.



그림 7. 산업 현장 적용

### 3. 결론

다양한 전압과 용량(3300V/200kVA ~ 6600V/8000kVA)의 H-브릿지 멀티레벨 인버터를 설계 및 제작하여 각종 부하 실험, 산업현장 적용실험을 통해 적용된 방법의 타당성과 실용성을 입증하였다. 또한 실제 제품 설계, 생산, 판매, 유지 보수 과정을 통해 제안된 방법 적용시 설계의 유연성, 생산의 효율성, 유지 보수의 편리함, 그리고 사용자 요구에 대한 대응성이 우수함을 확인하였다.

### 참고 문헌

- [1] Bin Wu, "High-Power Converters and AC Drives", A John Wiley & Sons, 2006
- [2] D. Grahame Holmes and Thomas A. Lipo, "Pulse Width Modulation for Power Converters: Principle and Practice", A John Wiley & Sons, 2003