

## 간단한 구조를 갖는 새로운 방식의 멀티 레벨 인버터에 관한 연구

이병진, 정병창, 유철로, 이성룡\*, 한우용\*\*  
전북대학교, \*군산대학교, \*\*전주공업대학교

### The study of New multi-level inverter with simple structure

Byung-Jin Lee, Byung-Chang Jung, Chul-Ro Ru, Seong-Ryong LEE\*, Woo-yong Han\*\*  
\*Chonbuk National Univ. \*\*Kunsan National Univ. \*\*\*Chonju Technical college.

**Abstract** - In this paper, a new simplified configuration for a multi-level PWM inverter is proposed. The proposed inverter consists of an auxiliary circuit with one switching device, and 3 phase full-bridge inverter. The proposed inverter, in spite of reduction of the switching devices, offers characteristics similar to the NPC(Neutral - point - clamped)- PWM inverter. Also, since the reduction of the switching devices, the control strategy is simplified. And switching loss is reduced. In addition to, it is possible that reliable DC level voltage than former multi-level inverter. And load power application is same to conventional NPC-PWM inverter. The performance of the system is verified by simulation. In this paper, show the simulation result of the single phase full bridge inverter application.

#### 1. 서 론

현대 산업 분야의 대용량화와 정밀한 가변속 구동 응용 분야의 발달로 인해 전력전자 시스템의 성능 확대에 대한 관심이 집중되고 있다. 특히 가변 주파수 가변 전압 공급원에 있어서 인버터의 고조파 왜곡 감소 문제는 상당히 중요하다. 따라서, 이러한 인버터의 고조파 왜곡 감소를 위해서 멀티-레벨 인버터가 사용되고 있다.[1]

최근 몇 년 동안 멀티-레벨 인버터 중에서 NPC-PWM (Neutral Point Clamped Pulse Width Modulated) 인버터에 대한 관심이 집중되고 있다. [2]

NPC-PWM 인버터는 기존의 2레벨 인버터에서 직렬 연결된 소자를 사용할 때 발생하는 스위칭 소자의 전압 분배 문제가 발생하지 않으며 같은 스위칭 주파수에서 출력 전압 파형을 보다 정현적으로 출력하여 고조파 왜곡을 상당히 감소시킬 수 있다는 장점이 있다.

하지만 이러한 NPC-PWM 인버터는 출력단자 전위를 중성점 전위로 하기 위해서 12개의 스위칭 소자를 사용하기 때문에 그 구조가 복잡하다. 더 나아가 중성단자가 정확한 전압원이 아니기 때문에

제어방법이 복잡하다. 따라서, 이러한 단점을 개선하기 위해 간단한 멀티-레벨 인버터가 제안되었다. [3]

새로 제안된 방식은 풀 브릿지 인버터에 공급하는 DC 전압의 세 개의 다른 레벨을 사용한다. 이러한 DC 레벨 공급을 위한 보조회로는 4개의 스위칭 소자들로 구성된다. 그리하여 기존의 NPC-PWM 인버터에 비해 스위칭 소자의 수를 줄일 수 있었고 이에 따라 구조가 간단해졌다. 제어 방법 또한 NPC-PWM 인버터보다 간단해졌다.

하지만, 이 방법 역시 인버터 입력에서 정확한 전압 레벨의 확보가 어렵고, DC 레벨을 만드는 보조회로에서의 전압 제한으로 인해 대용량 부하에 적용하기 어려운 단점이 있다. 따라서, 본 연구에서는 위에서 제기된 단점들을 개선하여, DC 레벨을 만들기 위한 새로운 구성을 제안하였다.

제안한 방법은 DC 레벨 발생 부분의 스위칭 소자를 한 개만 사용하여 그 구성을 간단히 하였다. 또한 스위칭 소자의 감소로 인해 스위칭 소자를 제어하기 위한 방법 또한 기존에 비해 간단하다. 그리고, 전압원 커패시터를 적절하게 직렬과 병렬로 연결하도록 하여 정확한 DC레벨 전압을 확보할 수 있다.

본 논문에서는 우선 제안한 DC 레벨을 만들기 위한 보조 회로의 동작 특성을 살펴보고 3상 풀 브릿지 인버터에 적용하기 전에 단상 풀 브릿지 인버터에 적용하여 시뮬레이션을 행하여 보았다. 그리하여 제안한 회로의 타당성을 확인해 보았다.

#### 2. 본 론

##### 2.1 기존의 NPC-PWM 인버터

그림 1은 일반적인 3상 NPC-PWM 인버터의 구성을 나타내고 있다.[2] 이러한 멀티-레벨 인버터는 스위칭 주파수를 올리지 않고도 선간 출력 전압이 스텝 모양으로 되기 때문에 출력 전압에서의 주파수를 높이지 않고도, 고조파가 일반 풀 브릿지 인버터보다 줄어든다. 또한, 기존의 3상 풀 브릿지 인버터의 출력보다 두 배의 출력을 얻을 수 있는 장점이 있다.[4] 하지만, 그림 1에서 볼 수 있는 것처럼 NPC-PWM 인버터는 6개의 스위칭 소자

와 중성점 전위를 위해 부가되는 6개의 스위칭 소자를 사용하여 멀티-레벨을 만든다. 따라서 스위칭 소자가 증가하고 이로 인해 회로가 복잡하다. 그리고 이들을 제어하기 위한 방법 또한 간단하지 않다.

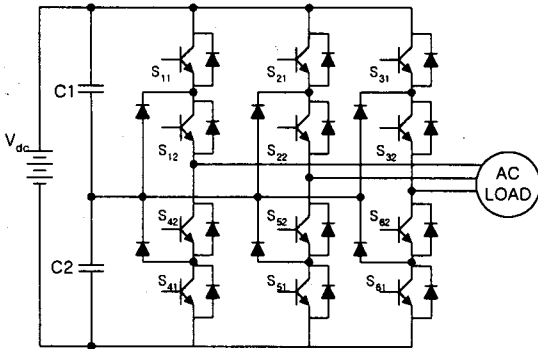


그림 1. 3상 NPC-PWM 인버터

### 2.2 간단한 멀티-레벨 인버터

그림 2는 기존의 NPC-PWM 인버터에서 많은 스위칭 소자의 사용으로 인한 단점을 개선하고자 제안된 간단한 구조를 갖는 멀티-레벨 인버터이다. [3] 이 방법에서는 기존의 3상 풀 브릿지 인버터를 사용하였고, 그 앞단에 멀티-레벨을 만들기 위해 네 개의 스위칭 소자를 사용하였다. 그리하여 이 네 개의 스위칭 소자들의 스위칭 조합으로 인버터의 입력에 3단계의 전압레벨을 만들 수 있었다.

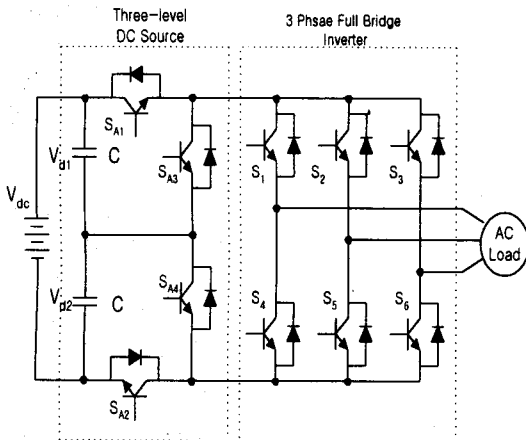


그림 2. 3레벨 DC소스를 가진 멀티-레벨 인버터

그러나, 이 방법은 기존의 NPC-PWM 인버터에 비해 스위칭 소자를 줄일 수 있었지만, 인버터 입력에서 정확한 전압 레벨의 확보가 어렵고, 출력전압이 기존의 NPC-PWM 인버터의 절반으로 감소하게 되어 인버터의 적용 범위가 줄어드는 단점이 있다. 따라서 본 논문에서는 이러한 단점을 개선한 새로운 방식의 멀티-레벨 인버터를 제안하였다.

### 2.3 새로 제안된 멀티-레벨 인버터

앞 절에서 나타난 인버터의 단점을 개선하고자 DC 레벨 발생 부분을 개선한 회로를 그림 3에 나타내고 있다.

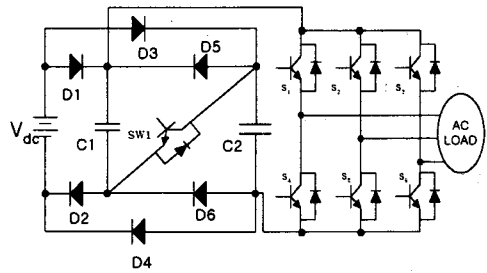


그림 3. 새로 제안된 멀티-레벨 인버터

제안한 회로는 DC 레벨 발생 부분의 스위칭 소자를 1개만 사용하므로 기존의 방식에 비해 스위칭 소자를 상당히 줄일 수 있으며, 이에 따라 제어 방법 또한 간단하게 실현할 수 있다. 또한, 스위칭 소자의 감소로 인해 스위칭 손실이 줄어들며, 특히 기존 방법에서 나타났던 인버터 입력에 정확한 전압 레벨의 확보가 어려운 단점을 개선할 수 있다. 그리고, 인버터의 전압 제어범위를 확장할 수 있다.

제안한 회로의 동작 설명은 다음과 같다.

1) 스위치 SW1이 off 되었을 때:

커패시터 C1과 C2는  $V_{dc}$ 로 충전이 된다. 그와 동시에 두 커패시터들은 병렬로 연결된다. 이 때, 전압원에 의해 C1에 충전된 전압  $V_{dc}$ 가 인버터 입력으로 인가된다.

2) 스위치 SW1이 on 되었을 때:

C1과 C2는 직렬로 연결되고 이 때 두 커패시터에 충전된 전압의 두 배의 전압, 즉  $2V_{dc}$ 가 인버터에 인가된다.

제안한 회로는 스위치 SW1의 on/off에 따라 전압의 레벨이 정확하게 인버터의 입력에 나타나게 되므로 기존의 방식에서 나타났던 전압 레벨 확보의 불확실성이 제거되고, 인버터의 전압 제어 범위가 일반적인 NPC-PWM 인버터와 같게 되어 출력이 줄어드는 기존 방식의 단점을 개선할 수 있다.

### 2.4 시뮬레이션 결과

제안된 회로의 시뮬레이션을 우선 단상 풀 브릿지 인버터에 적용하여 그 성능을 확인하였다. 본래 3상 풀 브릿지 인버터에 적용해야 하나 이는 지금 그 제어 방법과 함께 실험 중이며 차후에 그에 대해 보고할 예정이다.

그림 4에 인버터 출력 파형을 나타내었다. 제안한 회로는 계획했던 대로 스위치 SW1의 on/off에 따라 전압의 레벨이 다르게 나타남을 확인할

수 있다.

그림 5는 출력에 대한 고조파 분석을 나타내고 있다. 이 시뮬레이션에서의 전 고조파 왜곡은 약 6.90%로 스위칭 주파수를 높이지 않고도 고조파를 제거할 수 있는 NPC-PWM 인버터와 유사한 특성이 나타남을 알 수가 있다.

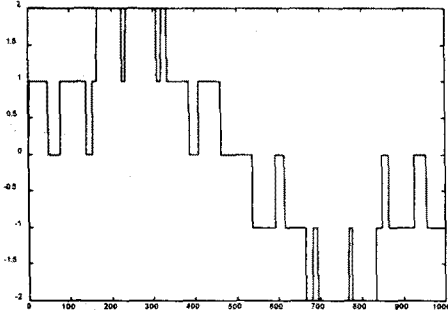


그림 4. 인버터 출력 파형

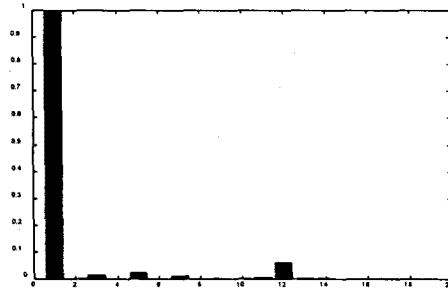


그림 5. 고조파 분석

### 3. 결 론

기존의 NPC-PWM 인버터와 유사한 특성을 갖는 멀티-레벨 인버터를 제안하였다. 스위칭 소자를 줄여서 이전의 방식에 비해 회로의 구성이 간단하며 이에 따라 제어 방법도 간단하다. 또한, 스위칭 소자의 감소로 인해 스위칭 손실이 줄어든다. 그리고, 제안한 멀티-레벨 인버터는 인버터 입력에서 정확한 전압 레벨 확보가 가능하며, 인버터 입력 전압의 크기가 줄어드는 단점을 개선하여 기존의 NPC-PWM 인버터와 같은 출력을 만들 수 있다. 본 논문에서는 단상 풀 브릿지 인버터에 대해 시뮬레이션을 행하여 그 성능을 확인하였다. 추후에 3상 풀 브릿지에 대해 적용한 결과에 대해 보고할 것이다.

### (참 고 문 헌)

[1] 김래영, 이요한, 현동석, " Multi-level 인버터를 위한 새로운 공간 전압 벡터 펄스폭변조 기

법", 1998년도 춘계 전력전자 연구회 학술발표회 논문집, PP. 57-61. 1998. 4

[2] A.Nabae, J. Takabashi and H. Akagi, "A New Neutral-Point-Clamped PWM Inverter", IEEE Trans. Ind. Appl., vol.IA-17, No 5, PP. 518-523, 1981

[3] R.Rojas, T.Ohnishi, T.Suzuki, "Simplified Neutral-Point-Clamped PWM Inverter", Proc. IEEE JAPAN, No.519, 1992

[4] 송언빈, "디지털 소프트웨어에 의한 NPC PWM 인버터의 제어에 관한 연구", 중앙대학교 대학원, 1993.