

# 멀티레벨 인버터의 커패시터 전압 균형을 위한 스위칭 기법

왕지명\*, 박병우\*, 이상혁\*, 박성준\*  
전남대학교

The switching method for Voltage Balance of Capacitor in a Multi level Inverter

Zhi Ming Wang\*, Byoung Woo Park\*, Sang Hyeok Lee\*, , Sung Jun Park\*  
Chonnam National University\*

## ABSTRACT

본 논문에서는 멀티레벨 인버터에서 발생하는 DC Link 단의 커패시터 불 평형 문제를 해결하고자 새로운 DC 전압 균형을 위한 스위칭 방식에 대해 제안한다. 제안한 방식은 DC Link 단에 위치한 각각의 커패시터들의 전압을 센싱하고 이를 PI제어를 통해 스위칭 신호를 제어함으로써 각각의 커패시터에 걸리는 전압을 균일하게 만들으로써, 커패시터단의 전압 불 평형을 개선하였으며, 이를 3상 2레벨 멀티 레벨 인버터를 이용한 시뮬레이션 결과를 통해 본 논문의 타당성을 검증하였다.

## 1. 서 론

한정적인 에너지를 효율적으로 관리하고 사용하기 위한 전력 전자 기술의 지속적인 성장은 전력변환 시스템에 많은 발전을 갖고 왔다. 전력변환 기술에서 주요한 관점으로는 에너지 변환 효율과 가격이며 최근 차세대 에너지원으로 주목받고 있는 신 재생에너지와 접목되어 보다 안정적이고 효율적인 에너지를 생산하고 관리하는데 많은 연구가 이루어지고 있다. 또한 최근에는 고용량, 고압에 대한 전력변환장치의 요구가 많아지면서 멀티 레벨 토폴로지 개발이 활발히 이루어지고 있다.[1]

멀티 레벨 인버터중의 Diode Clamped 방식은 다른 구조에 비해 가장적은수의 커패시터 뱅크를 사용하고 DC Link 전압 확보를 위한 절연용 변압기를 필요로 하지 않는 구조적 장점을 지니고 있다. 그러나 입력 전압원 역할을 하는 DC Link 뱅크가 여러 개의 커패시터를 직렬 연결한 구조를 지니게 되어 커패시터의 전압이 순시적인 변화를 하게 된다. 이러한 변화에 의해서 발생하는 커패시터들 사이의 전압 차이가 규정된 범위보다 크게 되면 멀티 레벨 인버터의 신뢰성을 보장할 수 없고 출력 특성에 악영향이 발생하여 멀티 레벨 인버터의 장점이 모두 사라지게 된다.[2] 본 논문에서는 이를 해결하기 위해 DC Link 커패시터의 전압을 각각 센싱하여 이를 PI제어를 통해 스위칭 신호를 보상해 줌으로써 이러한 전압 균형을 보상하는 방법을 제안하였다.

## 2. 제안하는 스위칭 기법

그림 1은 본 논문에서 제안하는 커패시터 전압 센싱에 따른 스위칭 신호 보상을 보여주기 위해 간략하게 표현한 등가회로를

를 나타내고 있다.

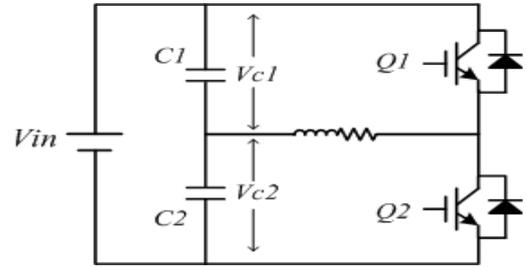


그림 1. 멀티레벨 인버터 등가회로.

Fig 1. Equivalent circuit of a multi-level inverter.

그림1 에서 보이는 것과 같이 DC입력에 대해 각 상/하위 스위치는 on/off 동작 시 DC Link 커패시터를 이용하게 되고, 멀티 레벨 인버터의 동작 시 레퍼런스 변동이 있을 경우 각 커패시터 양단의 전압은 불균형을 이루게 된다. 이를 해결하기 위해 그림 2 와 같이 각각의 커패시터 전압을 센싱하여 비교하여 PI제어를 통해 스위칭 레퍼런스를 보상해 줌으로써 각각의 커패시터 양단의 전압의 균형을 맞춰주는 방식을 제안 하였다.

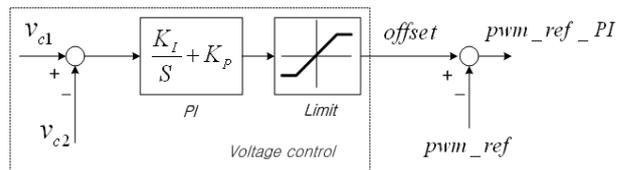


그림 2. 커패시터 전압 센싱을 통한 PI제어

Fig 2. PI control with capacitor voltage sensing

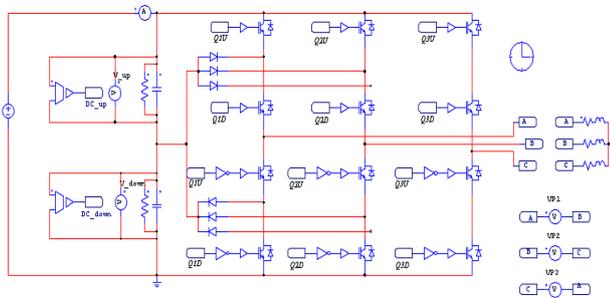
## 3. 멀티레벨에 적용한 시뮬레이션

본 논문에서 제안한 커패시터 센싱을 통한 스위칭 기법의 검증을 위해 이를 멀티레벨에 적용하여 시뮬레이션 하였다. 멀티 레벨 방식으로는 Diode Clamped 방식을 사용하였으며 2개의 커패시터 DC Link를 갖는 2레벨 3상 인버터를 시뮬레이션 하였다.

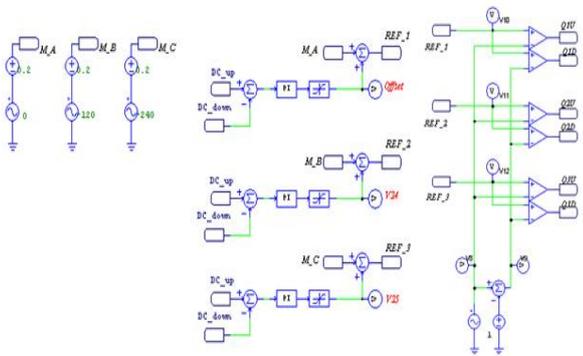
아래의 그림 3(a)는 2레벨 Diode Clamped 3상 인버터 회로와 인버터의 스위치를 on/off 해주기 위한 PI제어기가 포함된 스위칭 신호를 나타내고 있다.

$V_{dc}$	$f_{sw}$	DC-Cap	R,L Load
500 V	20kHz	2000uF	20Ω/5mH

표 1. 시뮬레이션 파라미터



(a)

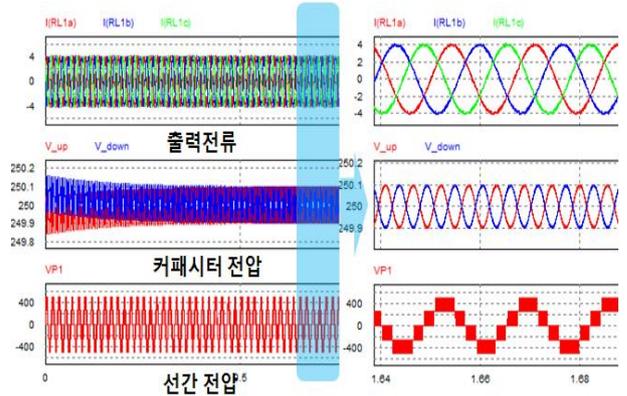


(b)

그림 3. 3상 2레벨 인버터 회로 및 스위치 신호

Fig 3. Three-phase two-level inverter circuit and the switch signal

그림4(a)는 제어기 동작시의 파형과 제어기가 포함되지 않을 때의 동작 파형을 보여준다. 커패시터는 각각  $V_{dc}$  와 0충방전 되고 있으며 이로 인해 출력 전류 및 선간 전압의 일그러짐 현상을 볼 수 있다. 그림4(b)는 커패시터 각 전압을 센싱하여 PI제어를 통해 스위칭 신호를 보상해준 결과파형을 보여 주고 있으며, 결과 파형에서 볼 수 있듯이 각각의 커패시터는  $V_{dc}$  의 절반에 해당하는 크기의 전압으로 0.5V 이내로 진동하며 매우 균일하게 전압 발란싱을 이루고 있다.



(b)

그림 4. 시뮬레이션 결과 파형

Fig 3. Simulation waveforms

이로 인해 출력 전류 및 선간전압의 파형이 제어기를 포함하지 않은 (a)의 파형보다 많이 개선된 것을 볼 수 있다. 하지만 본 논문에서는 아직 제어기의 구조가 모두 구성이 되지 않아서 스위칭 레퍼런스가 균일하게 흔들릴 경우를 가정한 것이다. 그 결과 각상의 스위칭 레퍼런스가 각각 다르게 입력이 될 경우 불균형 오차가 조금씩 깨지는 것을 확인 하였는데 이는 차후 전류제어를 포함한 상위제어를 포함시켜서 이러한 현상을 개선시키기 위해 계속 연구할 계획이다.

#### 4. 결론

본 논문에서는 멀티레벨에서의 DC Link로 사용되는 커패시터의 전압 불평형을 개선하기 위해 커패시터 전압을 센싱하여 PI 제어를 통한 스위칭 레퍼런스를 보상 해 줌으로써 DC Link 단의 커패시터의 전압 불균형을 개선하였다.

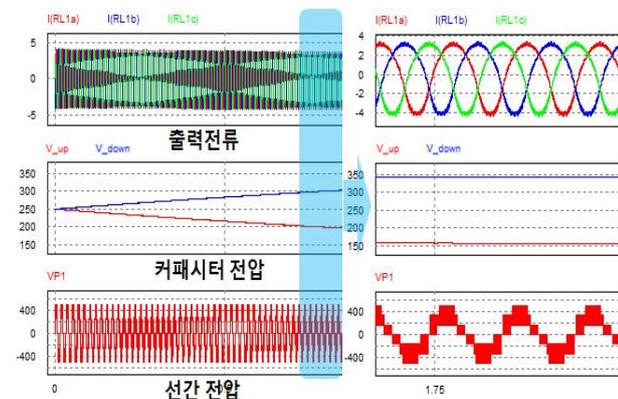
이를 통해 차후 보다 나은 제어기를 접목 시켜 제어기 성능을 향상시킴으로써 전체 시스템의 수명에 큰 비중을 차지하는 커패시터의 안정화 및 이로 인한 멀티 레벨 인버터의 신뢰성 및 출력특성을 개선시킬 수 있을 것으로 예상된다.

지역혁신인력양성사업

본 논문은 교육과학기술부와 한국연구재단의 지역혁신인력양성사업으로 수행된 연구결과임

#### 참고 문헌

- [1] A. Nabae, I. Takahashi and H. Akagi, "A New Neutral Point Clamped PWM Inverter", IEEE Trans. on Industry Applications, Vol. 17, No. 5, pp. 518 523, 1981
- [2] "4 레벨 인버터의 DC 링크 전압 균형을 위한 향상된 전압 제어 기법", 김래영, 이요한, 최창호, 현동석, Trans. KIEE, Vol. 48B, No. 10, pp. 544 554, OCT. 1999



(a)