

# 태양광 인버터의 효율 개선을 위한 혼합 변조 기법

임상길\*, 이화춘\*, 이상혁\*, 박성준\*, 이상훈\*\*  
전남대학교\*, 한국승강기대학\*\*

## Hybrid Modulation for Improving Efficiency of Solar Inverter

S.K. Lim.\*, H.C. Lee.\*, S.H. Lee.\*, S.J. Park.\*, S.H. Lee.\*\*  
Chonnam National UNIV\*, Korea Lift College\*\*

### ABSTRACT

알려진 바와 같이 전 세계는 에너지 고갈 및 고유가 그리고 CO<sub>2</sub> 감축 등 여러 가지 에너지 문제에 직면 해 있다. 따라서 이러한 문제를 해결하기 위해 새로운 대체 에너지에 대한 연구를 활발히 진행하고 있으며, 그중 태양광, 풍력, 조력 및 지열을 이용한 발전이 대부분의 대체 에너지 시장을 차지하고 있다. 태양광 및 풍력 발전을 비롯한 대체 에너지 발전의 경우 전력변환기가 필수적이다. 이미 고정된 효율을 가지는 발전 시스템에서 최대의 효율로 발전된 전력을 변환하기 위해 전력변환기의 효율 증대에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 본 연구에서는 태양광 발전용 전력변환기에서 효율을 증대시키기 위해 스위칭 방식에 있어서 혼합 변조를 이용하였으며 이를 시뮬레이션을 통해 타당성을 검증하였다.

### 1. 서 론

현재 전 세계는 에너지 고갈 및 고유가 문제에 직면 해 있다. 따라서 이러한 문제들을 해결하기 위한 대체 에너지의 연구가 활발히 진행된다. 그중 태양광 및 풍력 발전의 경우 대부분의 대체 에너지 시장을 차지한다. 이러한 태양광 및 풍력 발전기의 경우 인버터가 필수적이다. 대부분의 전력변환기 시스템의 경우 스위칭 주파수를 가변하거나 일정한 PWM기법을 사용하고 있다. 하지만 이러한 방식의 경우 스위칭 주파수에 정수배의 스위칭 손실이 생겨 전력변환기의 효율을 저하 시키는 단점을 가지고 있다. 또한 용량이 증대 될수록 인덕터 및 변압기의 사이즈가 커지고 이에 따라 인덕터 및 변압기의 사이즈를 줄이기 위한 방법으로 고주파 스위칭을 하려는 경향이 있다. 하지만 스위칭 주파수가 고주파화 될수록 정수배의 스위칭 손실이 생기게 되며 효율은 더욱 저하되게 되며 대용량 시스템일수록 이러한 현상은 더욱 심하게 된다. 이와 같이 전력변환기의 시스템의 효율 증대를 위한 여러 스위칭 기법들이 연구되어 지고 있으며 효율 개선의 중요한 팩터로 떠오르고 있다.<sup>[1][3]</sup>

기본적으로 3상 인버터의 PWM 방식의 경우 SVPWM (Space Vector PWM) 또는 정현파 비교 방식 PWM기법들을 많이 사용하고 있다. 정현파 비교 방식 PWM과 SVPWM의 경우 구현이 쉬운 장점을 가지고 있다. 하지만 3개의 암과 총 6개의 스위칭을 하기 때문에 이에 비례하는 스위칭 손실이 생기게 된다. 따라서 본 연구에서는 태양광 시스템에 2상 및 3상 혼합 변조 방식을 사용함으로써 스위칭 손실을 1/3로 줄일 수

있었으며, 이를 PSIM을 이용한 시뮬레이션을 통해 이를 검증하였다.

### 2. 2상 및 3상 혼합 변조 PWM 기법

기본적인 PWM기법의 경우 정현파 비교 방식을 사용한다. 원리는 지령 극전압과 삼각파를 비교하여 그 크기의 대소에 따라 인버터의 각 상의 스위치를 조작하는 것이다. 여기서 삼각파의 경우 제어기에서 발생하는 Reference Signal을 의미한다. 정현파 비교 방식 PWM의 경우 원리가 간단하고 특히 아날로그 구현이 수월하여 널리 사용되어 왔다. 또한 최적 전압 변조 방식과는 달리 샘플링 시간 단위로 제어되므로 동특성이 우수하며 변조 지수가 1 이하인 통상의 전압 변조에 있어서는 스위칭 주파수가 삼각파의 주파수로 일정하게 유지된다.<sup>[2]</sup>

하지만 그림 1은 본 연구에서 제안한 2상 및 3상 변조 PWM 기법을 적용한 태양광 인버터 구동 시스템을 나타내고 있다. 그림 1에서 보는 바와 같이 변조비를 검출하고 일정 변조비 영역에서 2상 또는 3상 변조 기법을 적용하여 스위칭하게 된다.

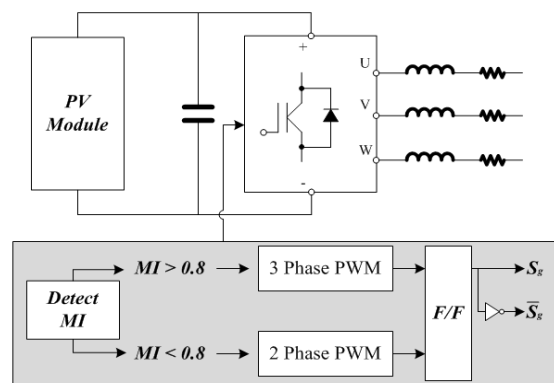


그림 1. 2상 변조 기법 블록도

FIG.1 2 Phase Modulation Method Block Diagram

그림 1과 같이 변조비가 0.8 이하의 경우 기본 정현파 비교 방식으로 PWM 기법을 적용하며, 변조비가 0.8 이상일 경우 2상 변조 기법을 적용한다. 하지만 여기서 태양광 인버터 시스템의 경우 모든 동작 영역이 변조비가 1에 가깝다. 따라서 거의 모든 영역에서 2상 변조 기법 PWM을 적용할 수 있다. 앞

서 언급한 바와 같이 2상 변조 기법의 경우 2개의 스위치를 가지고 3상 PWM과 거의 유사한 출력을 발생함과 동시에 스위칭 손실을 3상 PWM에 비해 1/3 만큼 저감 시킬 수 있는 장점이 있다. 하지만 2상 변조 PWM의 경우 변조비가 낮을 시 THD가 정현파 비교 방식 PWM에 비해 높게 나타난다. 하지만 태양광 인버터 시스템의 경우 변조비를 거의 모든 영역에서 1에 가깝게 제어하기 때문에 인버터 시스템의 효율을 개선할 수 있다.

### 3. 시뮬레이션

그림 2는 PSIM을 이용한 태양광 인버터 시스템의 시뮬레이션 회로도이다. 구성은 정현파 비교 방식 PWM을 적용할 인버터 1과 2상 변조 방식을 적용할 인버터 2로 구성되어 있다. 스위칭 신호는 DLL 파일을 이용하였다.

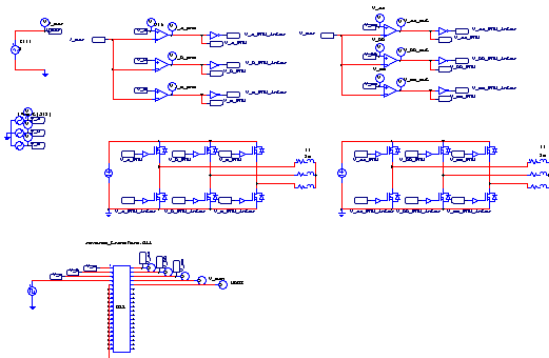


그림 2 태양광 인버터 PSIM 시뮬레이션 회로도  
FIG.2 PV Inverter PSIM Simulation Circuit

스위칭 주파수는 6kHz로 설정하였다. 그림 3은 시뮬레이션을 행한 결과 파형이다. 그림 3 (a)는 정현파 비교 방식을 적용한 스위칭 파형 및 출력 파형이고 그림 3 (b)는 2상 변조 기법을 적용한 스위칭 및 출력 파형이다.

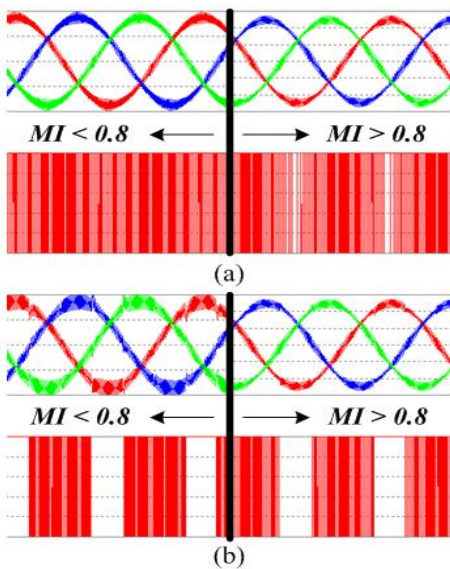


그림 3 시뮬레이션 결과 파형  
FIG.3 Simulation Waveform

그림 3에서 보는 바와 같이 변조비가 0.8을 기준으로 그 이하이면 정현파 PWM 기법에 비해 2상 변조 기법이 THD 특성이 나쁘지만, 0.8 이상일 경우에는 정현파 PWM과 거의 유사함을 확인할 수 있었다. 또한 스위칭 패턴의 경우도 약 1/3배 더 적게 스위칭을 함으로써 스위칭 손실이 약 1/3배 감소한다는 것을 추측할 수 있었다. 그림 4에서 보이는 바와 같이 THD 검사 결과 변조비가 0.8 이상일 경우 오히려 스위칭 횟수의 감소로 인해 고조파가 거의 유사하거나 더 적게 나오는 것으로 확인 되었다. 파란색은 2상 변조 기법 붉은색은 정현파 비교 기법의 FFT를 나타내고 있다.

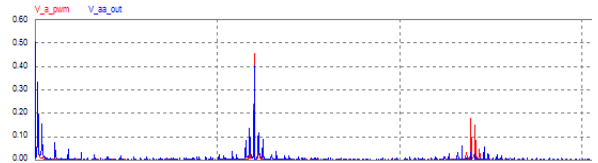


그림 4 FFT 결과 파형  
FIG.4 FFT Simulation Waveform

시뮬레이션 결과 2상 변조 기법은 정현파 비교 기법 즉 3상 변조 기법에 비해 스위칭 손실이 저감되는 것을 확인 하였으며, 또한 거의 모든 영역에서 변조비가 1인 태양광 인버터 시스템에 적합한 스위칭 기법임을 확인할 수 있었다. 또한 변조비가 0.8 이하인 경우 정현파 비교 기법 즉 3상 변조 기법을 적용하고, 변조비가 0.8 이상일 경우 2상 변조 기법을 적용하게 되면 효율을 높이며 효과적인 제어가 가능할 것으로 기대된다.

### 4. 결론

본 연구에서는 3상 및 2상의 펄스를 변조비 상태에 따라서 변화시키는 기법을 적용하여 태양광 인버터 시스템의 효과적인 제어를 꾀하였으며, 2상 변조 기법이 적용된 스위칭 패턴 시 약 1/3배의 스위칭 손실 저감과 THD는 거의 유사한 효과를 얻는 것을 확인하였다.

더불어 변조비의 변동폭이 크거나 스위칭 손실이 많이 유발되는 인버터 시스템에 본 논문에서 제안한 일정 변조비 이상의 영역에서 3상 및 2상 변조를 선택적으로 적용하여 시스템 전체의 효율뿐만 아니라 스위치의 수명 또한 연장 시킬 수 있을 것으로 기대된다.

지역혁신인력양성사업  
본 연구는 교육과학기술부와 한국연구재단의 지역혁신인력양성사업으로 수행된 연구결과임

### 참고 문헌

- [1] 오승렬, 정영국, 임영철, 위석오 “전력전자 변환 장치를 위한 고정 스위칭 주파수로 동작하는 3상 및 2상 변조 SRP PWM기법”, 전력전자학술대회 논문집, 2004. pp. 397~401
- [2] 설승기 저 “전기기기 제어론” 브레인 코리아. pp. 239~282
- [3] 위석오, 정영국, 나석환, 임영철, “새로운 2상 랜덤 펄스 위치 PWM 기법”, 전력전자 논문지, 제 7 권 제 2 호, pp.1942204, 2002.