

새로운 가변주파수 변조기법에 의한 단상인버터 특성개선

문정훈*, 황정구*, 박성미**, 박성준*
 전남대학교*, 한국승강기대학교**

Single-Phase Inverter Characteristic Improvement by New Variable Frequency Modulation Technique

J.H. Moon.*, J.G. Hwang.*, S.M. Park.**, S.J. Park.*
 Chonnam National UNIV*, Korea Lift College**

ABSTRACT

최근 화석연료의 고갈 및 이산화탄소의 증가로 인한 신재생 에너지의 필요성이 대두되고 있다. 태양광에너지와 풍력에너지는 신재생에너지 발전 중에서 대부분을 차지하고 있으며, 이러한 에너지를 필요한 형태인 전기에너지로 변환하기 위해서는 인버터가 필수적이다. 인버터의 PWM 기법은 지난 수년간 인버터의 핵심요소로써 많은 연구가 진행되어 왔다. 이러한 다양한 PWM 기법의 선택에 따라 인버터의 특성 및 성능이 달라진다. 본 논문에서는 인버터의 특성을 개선하기 위해 새로운 가변주파수 변조기법을 제안한다. 제안된 방법은 기존 방식에 비해 스위칭 횟수를 줄임으로서 스위칭 손실을 줄이고 효율을 향상시킬 수 있다. 제안된 방법은 PSIM 시뮬레이션을 통하여 폴 브리지 단상인버터에 적용하여 타당성을 검증하였다.

1. 서론

현재 전 세계는 화석연료의 고갈과 이산화탄소의 증가로 인한 환경문제에 직면하고 있다. 이러한 문제에 대한 해결책으로 신재생 에너지에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 이 중에서 국내 환경에 적합하고 보급이 용이한 태양광과 풍력발전의 경우 인버터가 필수적이다. 이러한 인버터의 교류 출력을 가변시키는 가장 간단한 방법으로 구형파 변조방식이 있다. 이 방식은 저차 고조파가 크게 나타나므로 이를 개선하기 위해 최근에는 PWM 기법을 많이 사용하며 지난 수년간 인버터의 핵심요소로써 많은 연구가 진행되어 왔다. 이러한 PWM 기법의 선택에 따라 인버터의 특성 및 성능이 달라진다.

본 논문에서는 인버터의 특성을 개선하기 위해 새로운 가변주파수 변조기법을 제안한다. 제안된 방법은 인버터에서 사인파 지령치의 dV/dt 가 클 때는 높은 주파수로 스위칭하고, dV/dt 가 작을 때는 낮은 주파수로 스위칭 함으로써 기존 방식에 비해 스위칭 횟수를 줄일 수 있는 방식이다.^[1] 이 때 스위칭 주파수의 개수는 2개 이상이 되며, 스위칭 주파수 개수에 따라 인버터의 THD 및 효율이 달라진다. 제안된 방식은 기존 방식에 비해 THD는 거의 유사하며 스위칭 손실을 줄여 인버터의 효율 상승 및 성능을 향상시킬 수 있는 방식이며 PSIM 시뮬레이션을 통하여 폴 브리지 단상인버터에 적용하여 타당성을 검증하였다.

2. 제안된 새로운 가변주파수 변조 기법

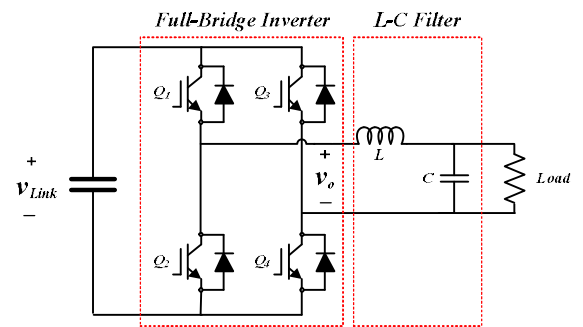


그림 1 기존의 단상 인버터 시스템
 FIG. 1 Prior single-phase inverter system

그림 1은 기존의 단상 인버터 시스템을 나타낸 것이다. 일반적인 단상 인버터에서 펄스폭변조(PWM)는 계통 연계 시 부하 전류의 THD 성능을 향상시키기 위한 방법이다. 기본적인 PWM기법의 경우 정현파 비교 방식을 사용한다. 원리는 지령 전압과 삼각파를 비교하여 그 크기의 대소에 따라 인버터의 각 상의 스위치를 조작하는 것이다. 여기서 삼각파의 경우 제어기에서 발생하는 Reference Signal을 의미한다. 최적 전압 변조방식은 달리 샘플링 시간 단위로 제어되므로 동특성이 우수하다.

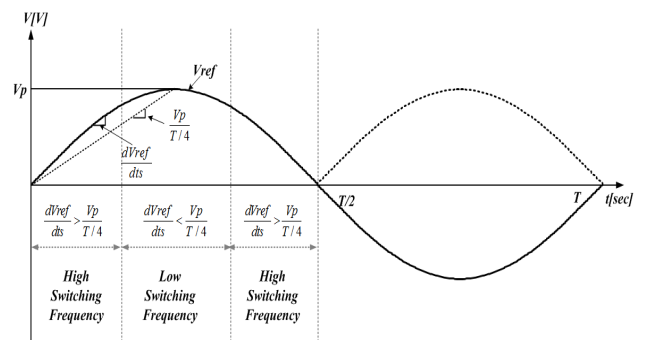


그림 2 2상 변조 기법 블록도
 FIG. 2 Two-Phase Modulation Method Block Diagram

그림 2는 제안된 가변주파수 변조기법을 설명하기 위한 그

럼으로써 V_p 는 원하는 인버터의 출력전압 지령치의 피크 값이다. 본 논문에서는 편의를 위하여 2개의 스위칭 주파수를 지정하여 수행하였다. 제안된 방식은 샘플링 시간당 변화하는 전압 지령치의 기울기가 큰 A영역의 경우에 스위칭 주파수를 기존의 인버터 스위칭 주파수와 동일하게 가져가고, 샘플링 시간당 변화하는 전압 지령치의 기울기가 작은 B 영역의 경우에 기존 스위칭 주파수보다 낮은 스위칭 주파수로 스위칭 함으로써, 기존 인버터 스위칭 횟수보다 더 적게 스위칭 하여 효율을 증대할 수 있는 방식이다.

A영역과 B영역의 구분은 매 샘플링마다 변화하는 전압 지령치의 기울기 값과 모드변화를 위한 기울기 기준 값과 비교하여 수행한다. 모드변화를 위한 기울기 기준 값은 사인파 지령 전압 주기의 1/4을 시간 축 기준으로 하고, 0과 V_p 값의 오차분을 전압 축 기준으로 하여 시간 전압에 기울기를 계산하여 이 기준 값을 경계로 하여 모드를 구분하였다.

본 논문에서는 위의 방식으로 계산하여 기준 값을 $V_p/(T/4)$ 로 설정하였으나, 이 기준 값을 적절히 튜닝 할 경우 인버터의 성능을 향상시킬 수 있다. 또한 다수(3개 이상)의 스위칭 주파수를 사용할 경우 THD는 스위칭 주파수 2개를 사용할 때보다 더 향상되지만, 스위칭 횟수가 증가하여 스위칭 손실이 증가하므로, 트레이드오프 관계에 있다.

3. 시뮬레이션

그림 3은 제안된 가변주파수 변조기법을 검증하기 위한 단상인버터 시스템의 PSIM 시뮬레이션 회로도이다. 구성은 기존의 PWM을 적용한 인버터 1과 가변주파수 변조기법을 적용한 인버터 2로 구성되어 있다. 스위칭 신호 및 알고리즘은 DLL 파일로 구성하였다. 표 1은 시뮬레이션 파라미터이다.

표 1 시뮬레이션 파라미터
Table 1 Simulation Parameters

PARAMETERS	
Switching Freq(Original)	20 [kHz]
Switching Freq(High)	20 [kHz]
Switching Freq(Low)	15 [kHz]
Input DC Voltage	100 [V]
Output Load	50 [Ω]

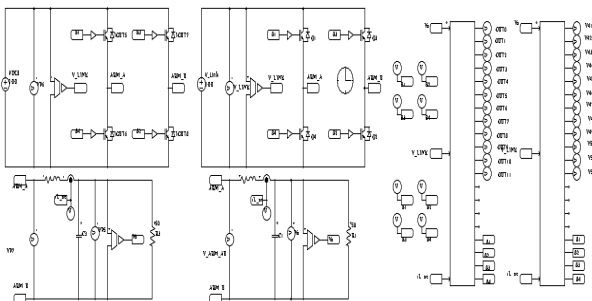


그림 3 단상인버터 PSIM 시뮬레이션 회로도
FIG. 3 Single-phase Inverter PSIM Simulation Circuit

제안된 가변주파수 변조기법의 시뮬레이션 결과 파형을 그림 4에 나타내었다. V_{out1} 과 V_{out2} 는 인버터 1, 2의 인버터 출력전압파형이고, SW_Mode 는 높은 주파수 스위칭과 낮은 주파수 스위칭의 모드 변화를 나타낸 파형이다. 또한 스위칭 모

드구분을 위한 지령전압의 미분파형과 모드구분을 위한 기준 값을 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이 기존의 PWM을 적용한 인버터 1에 비해 제안된 가변주파수 변조기법을 사용한 인버터 2의 출력전압 THD가 약 0.18% 높아 THD 특성이 나쁘지만, 스위칭 주파수 2개를 선택적으로 사용함으로써 한 주기의 스위칭 횟수를 약 12.5% 이상 단축하는 것을 확인하였다.

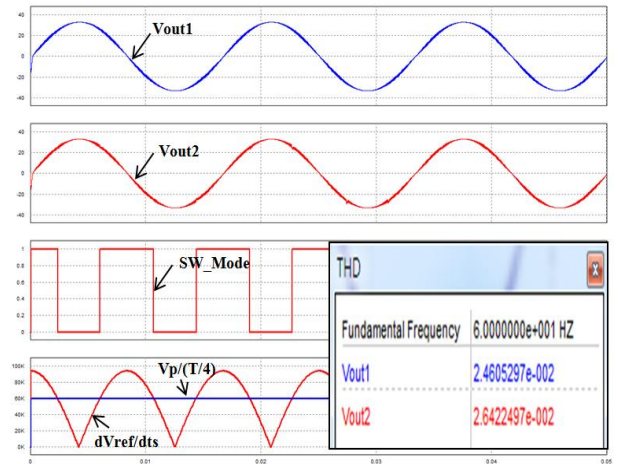


그림 4 시뮬레이션 결과 파형
FIG. 4 Simulation Waveforms result

시뮬레이션 결과 제안된 가변주파수 변조기법은 기존 PWM 방식의 인버터에 비해 THD 특성이 거의 유사하거나, 조금 나쁘지만, 스위칭 횟수를 대폭 감소시킴으로써 신재생에너지 발전에 사용되는 전력변환기의 효율을 획기적으로 높이며 효과적인 제어가 가능할 것으로 기대된다.

4. 결론

본 연구에서는 인버터의 특성을 개선하기 위해 새로운 가변주파수 변조기법을 제안하고, 인버터에서 사인파 지령치의 dV/dt 가 클 때는 높은 주파수로 스위칭하고, dV/dt 가 작을 때는 낮은 주파수로 스위칭 함으로써 기존 방식에 비해 스위칭 횟수를 줄일 수 있는 방식을 적용하여 약 12.5%의 스위칭 손실 저감과 THD는 거의 유사한 효과를 얻는 것을 PSIM 시뮬레이션을 통해 확인하였다. 또한 가변 스위칭 주파수 개수, 각 가변 스위칭 모드에 따른 스위칭 주파수, 경계 기준 값 산정에 따른 최적 파라미터 설계를 한다면 제시한 결과보다 향상된 결과 값을 얻을 수 있을 것으로 판단되며, 실제 신재생에너지 발전의 전력변환기에 적용하여 전체 시스템 효율뿐만 아니라 스위치의 수명 또한 연장시킬 수 있을 것으로 사료된다.

참고 문헌

[1] S. K. Lim, H. C. Lee, S. H. Lee, S. J. Park, S. H. Lee, "Hybrid Modulation for Improving Efficiency of Solar Inverter", The Korean Institute of Power Electronics, pp.40-41, 2011, July