

병렬 구성 인버터 운전 시 순환전류 제어 방법

김기룡*, 신동설**, 이종필***, 김태진***, 유동욱***, 김희제*
 부산대학교 전기공학과*, LG전자 에너지사업센터*, 한국전기연구원 전력변환연구센터***

A Novel Circulating Current Control Method for Parallel Interleaved Three-Phase Voltage Source Inverters

Kiryong Kim*, Dong-Shul Shin**, Jong-Pil Lee***, Tae-Jin Kim***,
 Dong-Wook Yoo***, Hee-Je Kim*

Dept. of Electrical Engineering Pusan National University*
 Energy Business Center of LG Electronics**
 Korea Electrotechnology Research Institute (KERI)***

ABSTRACT

병렬 운전 시 인터리빙 기술은 인버터 최종 출력 전류에 포함되는 스위칭 주파수 성분의 고조파를 제거하는 장점을 가지고 있지만 이로 인해 고주파 성분의 영상분 순환 전류를 만든다. 따라서 이 성분을 억제하기 위해 커플드 인덕터가 같이 사용된다. 하지만 커플드 인덕터를 사용할 경우에는 파라미터의 오차로 인해 안정성에 문제가 발생할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 인터리빙 및 커플드 인덕터를 사용한 병렬 운전 인버터 시스템에서 전류 품질 개선을 위해 고조파 보상을 할 경우 발생할 수 있는 안정성 문제에 대한 원인을 규명하고 새로운 순환전류 제어 방법에 대해 제안하고 실험을 통해 검증하였다.

1. 서론

삼상 인버터의 병렬운전은 고효율 및 대 전력을 요구하는 여러 계통 연계 응용 시스템 사용되고 있다. 특히 병렬운전에서는 출력 전류의 스위칭 고조파를 제거하여 전류리플을 줄이는 인터리브드 방식이 사용된다^[2]. 하지만 이러한 인터리빙의 경우 고주파 성분의 영상분 순환 전류를 발생 시킨다. 이러한 영상분 순환 전류의 경우 스위칭 주파수 및 고주파 성분들로 구성되어 순환 전류 제어기로는 제어가 되지 않는다. 따라서 높은 임피던스를 가지는 커플드 인덕터를 전류 경로에 삽입시켜 영상분의 순환 전류를 억제시킬 수 있다^[3]. 하지만 순환 전류를 줄이기 위해 사용된 커플드 인덕터의 경우 전류 고조파 보상 시 영상분 순환 전류만 고려하는 기존 전류 제어기를 사용할 경우 안정성에 문제를 일으킬 수 있다. 따라서 본 논문에서는 커플드 인덕터의 해석을 통해 안정성 및 순환 전류까지 고려한 새로운 제어방식을 제안하였다.

2. 시스템 구성

그림 1은 실험에 사용된 삼상 병렬운전 인버터를 보여준다. 각각의 인버터는 DC링크단과 AC 출력단을 공유하고 있으며, 커플드 인덕터와 필터 인덕터를 통해 연결되어 있다. $i_{C1,abc}$ 과 $i_{C2,abc}$ 는 각 인버터의 3상 출력 전류를 나타내며, L_{f1} , L_{f2} , L_{grid} 는 각각 필터 인덕턴스 및 계통 인덕턴스를 나타낸다.

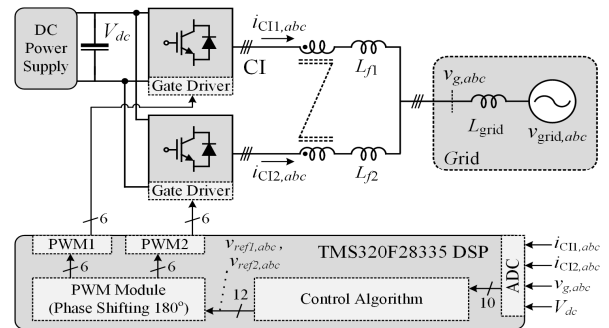


그림 1 커플드 인덕터 및 필터 인덕터를 포함한 삼상 인터리브드 병렬운전 인버터
 Fig. 1 Parallel Interleaved three-phase VSIs with coupled inductor and L filters

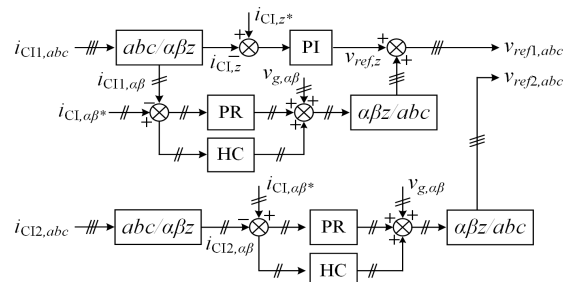


그림 2 병렬 운전 인버터의 기존 전류 제어 블록도
 Fig. 2 Block diagram of conventional current control method for parallel three-phase VSIs

3. 기존 제어기 구성

그림 2는 기존 전류제어기의 블록도를 보여준다. 각각의 인버터 전류, 영상분 전류, 고조파 보상기로 구성된다. 영상분 순환전류는 PI 제어기, 영상분을 제외한 나머지 순환전류와 파워 전류는 $\alpha\beta$ 축에서 PR 제어기에 의해 동시에 제어된다. 순환 전류와 파워전류는 각각 다른 게인 값이 사용되어야 하는 데 $\alpha\beta$ 축에서는 불가능하다. 따라서 고조파 보상 시 시스템의 안정성에 문제를 일으킨다.

4. 제안하는 제어기 구성

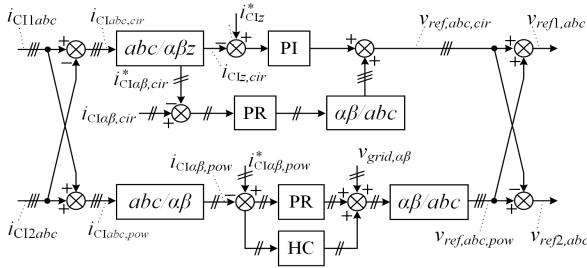


그림 3 제안하는 병렬 운전 인버터의 전류 제어 블록도
Fig. 3 Block diagram of proposed current control method for parallel three-phase VSIs

그림 3은 제안하는 전류제어 블록도를 나타낸다. 제안하는 제어기는 시스템의 안정성에 문제를 일으키는 순환전류 성분(즉, 영상분과 나머지 성분의 순환전류)과 과위전류가 따로 제어되어 기존 제어기의 안정성 문제를 해결할 뿐만 아니라 과위전류에 보상기를 사용하여 고조파를 보상할 수 있다.

5. 실험 결과

표 1 병렬 인버터 사양
Table 1 Specification of Parallel Three-phase VSIs

총 정격 전력	14kW	계통 선간전압	190V / 60Hz
개별 정격 전력	7kW	DC링크 전압	380V
총 정격 전류	42.53A	스위칭 주파수	8.4kHz
개별 정격 전류	21.27A	샘플링 주파수	16.8kHz

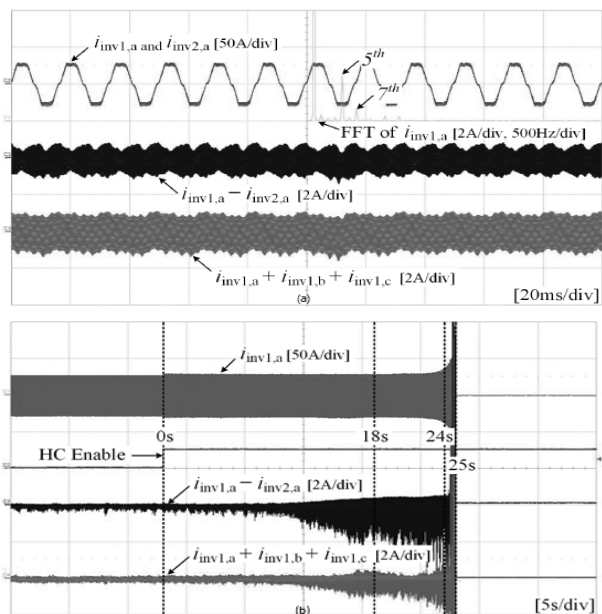


그림 4 기존 제어 알고리즘을 적용한 실험 파형
Fig. 4 Experimental results using conventional current control algorithm

그림 4 (a) 파형은 고조파 보상전의 정상상태의 파형을 나타

내고 있으며, 그림 4(b)는 고조파 보상이 동작했을 때의 파형을 보여준다. 0초 일 때 고조파 보상이 동작이 되며, 18초 때부터 점점 안정성에 문제가 발생하며 24초 이후에는 급격히 악화되다 25초가 되는 지점에 과전류 보호가 되어 인버터 동작이 멈추게 되는 것을 확인 할 수 있다.

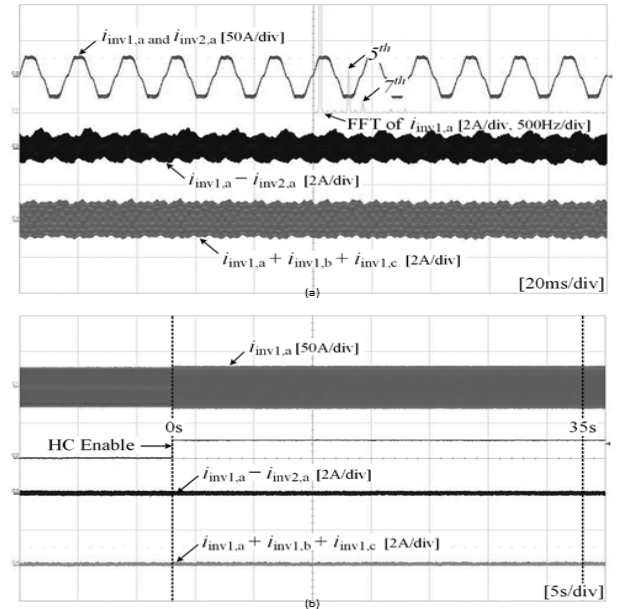


그림 5 제안하는 제어 알고리즘을 적용한 실험 파형
Fig. 5 Experimental results using proposed current control algorithm

그림 5(a)는 고조파 보상 전의 정상상태 파형을 나타내며, 그림 5(b)는 고조파 보상이 이루어진 다음의 파형을 보여준다. 그림 4(b)와 비교했을 때, 0초에 고조파 보상이 이루어 졌음에도 불구하고 시스템이 불안정해지지 않고 정상적으로 동작하는 것을 확인 할 수 있다.

6. 결론

본 논문에서는 병렬 구성 인터리브드 인버터에서의 새로운 방식의 전류제어를 제안하였다. 기존 제어기의 경우 고조파 규정을 만족시키기 위해 고조파 보상이 이루어지면 정확한 순환 전류 제어가 이루어지지 않아서 시스템의 안정성에 문제가 발생하는 것을 확인 할 수 있었으며, 제안하는 제어 방법을 사용하면 시스템의 안정성을 유지하면서 고조파 보상을 할 수 있다는 것을 실험을 통해 확인하였다.

참고 문헌

[2] L. Asiminoaei, E. Aeloiza, P. N. Enjeti, and F. Blaabjerg, "Shunt active-power-filter topology based on parallel interleaved inverters" IEEE Trans. Ind. Electron., vol. 55, no.3, pp. 1175-1189, Mar. 2008.
[2] J. Ewanchuk and J. Salmon, "Three-limb coupled inductor operation for paralleled multi-level three-phase voltage sourced inverters," IEEE Trans. Ind. Electron., vol. 60, no. 5, pp. 1979 - 1988, May 2013.