

# 비선형 부하 적용 시 간접전류제어 기법의 성능 개선

이병섭, 강덕홍, 이교범, 최세완\*, 최우진\*\*  
아주대학교, 서울과학기술대학교\*, 송실대학교\*\*

## Performance improvement of an indirect current control technique under nonlinear load conditions

Byoung-Seoup Lee, Duk-Hong Kang, Kyo-Beum Lee, Se-Wan Choi\*, and Woo-Jin Choi\*\*  
Ajou University, Seoul National University of Science and Technology\*, Soongsil University\*\*

### ABSTRACT

본 논문에서는 간접전류제어 기반 계통연계 시스템의 비선형 부하에 의한 출력왜곡 보상기법을 제안한다. 계통사고 발생 시 시스템은 비선형 부하에 지속적인 전력을 공급하기 위하여 의도적인 단독운전을 한다. 이때, 비선형 부하에 의한 출력전류 왜곡과 모드전환 시 전압의 과도상태는 시스템에 심각한 영향을 미칠 수 있다. 제안하는 간접전류제어 기법은 모드전환 시 전압의 과도상태가 없어 안전한 의도적인 단독운전이 가능하며 전류왜곡 보상기법을 추가하여 출력전류의 품질을 개선한다. 2kW급 시뮬레이션을 통해 제안하는 제어기법의 타당성을 입증한다.

### 1. 서론

최근에 유가 폭등 등 에너지 자원과 환경오염 문제 등에 의해서 신·재생에너지의 분산전원시스템의 관심과 연구는 꾸준히 증가되고 있다. 분산전원은 환경적이고, 잠재적인 가능성 면에서 가장 이상적인 시스템으로 주목 받고 있다. 그러나 분산전원시스템이 배전선의 일부 혹은 전부의 문제로 계통으로부터 전력을 공급받지 못하고 자체 전원 시스템의 전력 공급만 유지되는 상태인 단독운전이 발생할 수 있는 문제점을 가진다. 단독운전 상태가 지속되면 선로 유지 중 보수자의 감전과 같은 근거리 접근 사고가 발생할 우려가 높고, 배전선의 전기설비에 악영향을 준다. 분산전원시스템은 계통의 사고 시 단독운전 상황을 검출하고, 비선형 부하에는 지속적인 전력을 공급하기 위하여 의도적인 단독운전을 하게 된다<sup>[1]</sup>. 기존에 사용되어진 계통연계 제어방식은 의도적인 단독운전 상황에서 전류제어에서 전압제어로 전환하게 되는데, 모드 전환 시 과도상태가 존재하여 중요부하에 큰 영향을 미칠 수 있다<sup>[2]</sup>. 또한 Sag와 Swell 같은 순시정전 등의 갑작스러운 사고 시 운전모드의 전환이 신속하지 못하여 과도상태가 더욱 크게 일어날 수 있다. 현재, 개인용 컴퓨터, SMPS, 스위칭을 이용하는 전자장비, 교류 전동기 구동장치 등 비선형 부하가 많이 쓰이고 있다. 이들에 의해서 발생하는 고조파는 전압파형왜곡, 장비들의 오동작이나 일시정지 등의 많은 고조파 장애를 발생 시키며, 시스템의 전 고조파 왜곡율 (THD: Total Harmonic Distortion)<sup>[3]</sup>을 높이게 된다.

본 논문에서는 전압제어를 유지함으로써 과도상태 없이 모드 전환 할 수 있는 간접전류 제어기법을 기반으로 비선형 부

하에 의한 출력전류왜곡을 보상하는 기법을 제안한다. 제안한 방법은 신·재생에너지의 분산전원시스템에 모드 전환이 요구되는 경우에도 부하에 안정적인 전력을 공급하고 THD 및 고조파 장애 제거에 매우 효과적임을 시뮬레이션을 통하여 입증하였다.

### 2. 개선된 간접전류제어 기법

그림 1은 신·재생에너지의 분산전원시스템의 계통쪽 인버터의 구성도이며, 그림 2는 간접전류제어 기법의 원리를 나타내는 벡터도이다. 계통으로 흐르는 전류  $I_{Lg}$ 를 간접적으로 제어하기 위하여 인버터 출력전압인  $V_{inv}$ 의 크기 및 위상을 제어한다. 식 (1)은 출력전압 크기 및 위상의 지령 값을 나타낸다.

$$V_{inv}^* = \sqrt{(V_{grid}^d)^2 + (V_{Lg}^q)^2}$$

$$\alpha = \tan^{-1} \frac{V_{Lg}^q}{V_{grid}^d}$$
(1)

그림 3은 전체 블록도를 나타낸다. 고조파 제거는 입력받은 전류를 가상의 고정좌표계의 d·q축 전류로 변환하고 이를 계통 각주파수의 3, 5배로 변환하여 계통전류의 3, 5차 성분을 추출한다. 저역통과 필터를 사용하여 진동성분으로 변환된 기본파 성분을 제거하고 이를 0으로 제어하는 PI제어기에 입력하여 고조파를 제거한다.

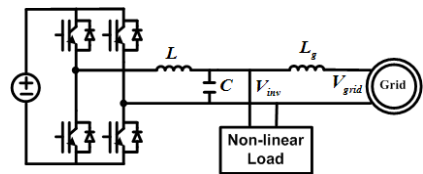


그림 1 신·재생에너지의 분산전원시스템  
Fig. 1 Block diagram of a distributed generation system

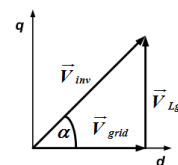


그림 2 간접제어기법 벡터도  
Fig. 2 Vector of a seamless transfer method

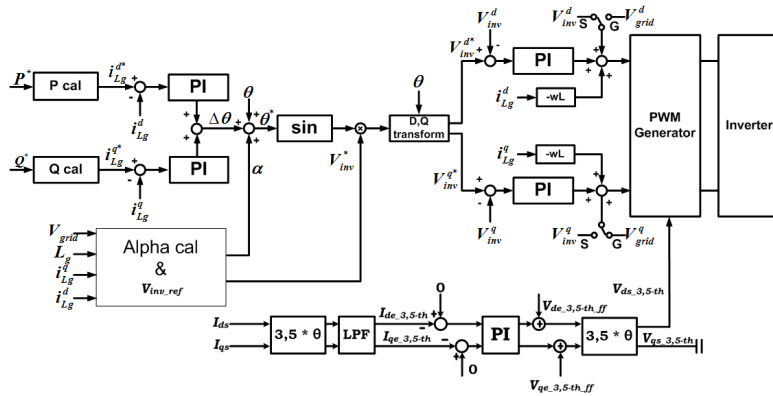


그림 3 전체 블록도  
Fig. 3 Block diagram of a system

### 3. 시뮬레이션

비선형 부하 시에 의한 고조파 제거와 간접전류의 성능을 확인하기 위하여 2kW급으로 시뮬레이션 하였다. 표 1은 시뮬레이션의 파라미터를 나타낸다. 그림 4는 간접전류 제어 상태 시 고조파 제거 알고리즘 적용 파형이다. 그림과 같이 3, 5 고조파가 제거됨을 확인 할 수 있다. 그림 5는 단독운전 발생 시 간접전류 알고리즘 적용을 통하여 과도상태 없이 모드 전환됨을 확인하였다.

표 1 시뮬레이션 파라미터

Table 1 system parameters

정격 전력	2 [kW]
계통 선간 전압	220 [Vrms]
DC-link 전압	430 [V]
$L, C, L_g$	8 [mH], 9 [uF], 6 [mH]

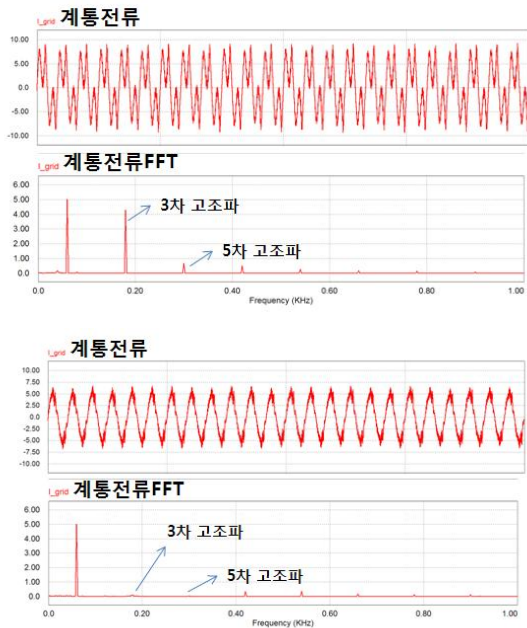


그림 4 고조파 제거 알고리즘 적용 전, 후  
Fig. 4 Simulated waveform : (a) Without compensation (b) With compensation

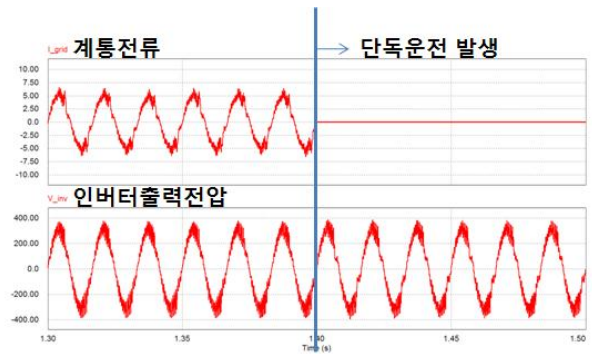


그림 5 간접전류제어 알고리즘 적용 결과 파형  
Fig. 5 Simulated waveform using seamless algorithm

### 4. 결과

본 논문은 비선형 비상부하에 의한 계통전류 왜곡 보상과 과도상태가 없는 간접전류제어 기법을 제안하였다. 본 알고리즘을 적용하여 THD를 50%이상 감소시켰으며, 출력전류 왜곡과 모드전환 시 전압의 과도상태를 개선하였다. 2kW급 시스템 시뮬레이션을 통해 제안하는 제어기법의 타당성을 입증하였다.

본 연구는 지식경제부의 지원에 의하여 기초전력연구원 (2008T100100062) 주관으로 수행된 과제임.

### 참고 문헌

- [1] 강덕홍, 최대근, 이교범 “개선된 DFT을 이용한 무효전력변동 단독운전 검출기법의 성능개선,” 전력전자학회논문지, pp. 179~187, 2010. 6.
- [2] 권준범, 김영우, 최세완 “계통연계형 연료전지 PCS의 Seamless Transfer를 위한 3상 간접전류제어 기법,” 전력전자학회 2009년도 하계학술대회 논문집, pp. 342~344, 2009. 7.
- [3] 장정익, 이동춘, 김홍근 “전원전압의 불평형 및 왜곡시 3상 PWM 컨버터의 전류제어,” 전력전자학회논문지, pp. 420~429, 2007. 2.