

# 반복제어기를 적용한 3상 계통연계형 인버터의 전류 THD 개선

이형석, 송중호

서울과학기술대학교 전기정보공학과

## Improvement of current THD of three-phase grid-connected inverters using repetitive controller

Hyungseok Lee, Joongho Song

Electrical and Information Engineering, Seoul National University of Science And Technology

### ABSTRACT

본 논문은 인버터의 출력단과 계통사이 비선형부하가 연결되어 있는 상황에서 계통 전류의 THD를 개선하기 위해 반복제어기를 적용한다. 반복제어기는 주기적인 오차를 모델링하고 미리 보상하여 정상상태시 오차를 줄이는 목적으로 설계된 제어기이기에 계통전류 THD 개선에 효과적이다. 본 논문은 인버터의 공급전력이 부하의 소비전력보다 큰 경우 또는 부하의 소비전력보다 작은 경우에도 계통의 전류 THD는 개선되도록 하는 알고리즘을 제안한다. 시뮬레이션의 결과를 통해 계통 전류의 THD 개선을 확인한다.

### 1. 서론

신재생에너지를 이용하는 분산발전시스템 기술이 발달함에 따라서, 각 에너지원으로부터 얻어지는 전기에너지를 계통에 연계하는 연구가 많이 수행되어 오고 있다. 태양광 전지나 연료전지 등에서 발생하는 직류의 전력은 교류로 변환되어서 계통에 연계된다. 계통연계형 인버터의 제어는 주로 PI 제어기법을 사용하지만, 그림 1과 같이 비선형 부하가 연결된 경우 계통전류  $i_{gabc}$ 의 THD를 PI 제어기만으로 제어하기는 힘들다.

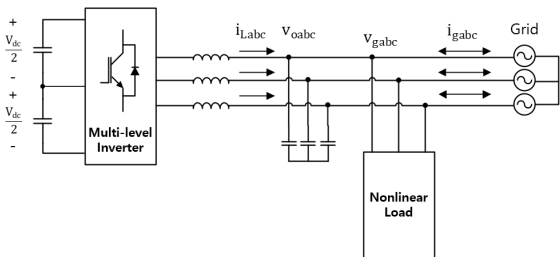


그림 1 3상 계통연계형 인버터 구성  
Fig. 1 Grid connected 3-phase inverter

본 논문에서는 그림 1과 같이 인버터의 출력단과 계통사이 비선형부하가 연결되어 있는 상황에서도 계통 전류  $i_{gabc}$ 의 THD를 개선하고자 반복제어기를 적용한다. 또한 인버터의 공급전력이 부하의 소비전력보다 큰 경우 또는 부하의 소비전력보다 작은 경우에도 계통 전류 THD는 개선되도록 하는 알고리즘을 제안한다. 본 논문에서는 계통의 전압은 이상적이라 가정한다.

### 2. 계통연계형 인버터의 제어기법

#### 2.1 제어기법

본 논문에서 사용된 3상 계통연계형 인버터의 전체 제어 블록도는 그림 2와 같다. 전체 제어 블록도는 기존의 d-q 모델을 이용하여 유효전력과 무효전력을 제어하는 PI전류제어기와 계통 전류의 THD를 개선하는 반복제어기가 병렬로 붙어있다.

계통 전류  $i_{gabc}$ 의 THD를 개선하기 위해선  $v_{gabc}$  전압의 왜곡성분을 제거하면 된다. 왜곡 성분을 제거하기 위해서 반복제어기를 사용한다. 반복제어기는 주기적인 오차를 모델링하고 미리 보상하여 정상상태시 오차를 줄이는 목적으로 설계된 제어기이다. 따라서  $v_{gabc}$ 을 교류 성분의  $\alpha-\beta$ 축으로 변환하여 반복제어기를 사용하게 되면 정확도를 높일 수 있다.<sup>[1]</sup>

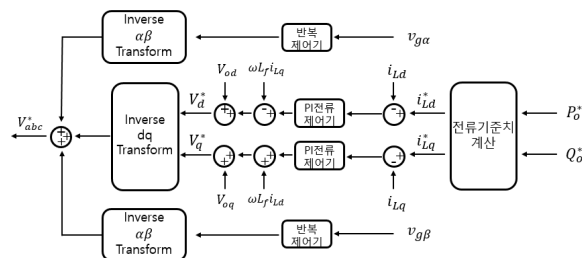


그림 2 전체 제어블록도  
Fig. 2 Overall control block diagram

#### 2.2 반복제어기

그림 3은 그림 2의 반복제어기를 자세하게 표현한 블록도이다. 여기서 k는 시스템 전체의 시지연 요소를 보상하는 값이다.  $Q(z)$ 는 반복제어기의 안정도 향상을 위해 추가된 보상기이며 일반적으로 1보다 작은 상수나 저역 통과 필터로 구성되거나 본 논문에서는 상수를 사용한다.  $K_r$ 는 원하는 출력이 나올 수 있도록 크기 및 위상을 보정해주는 역할을 한다.<sup>[2]</sup>

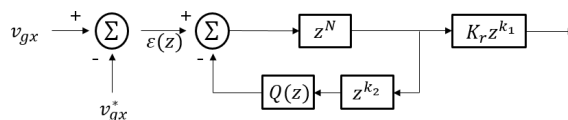


그림 3 반복제어기  
Fig. 3 Repetitive controller

### 3. 시뮬레이션

제안하는 알고리즘이 표 1과 같이 인버터의 공급전력이 부하의 소비전력보다 크거나 작은 경우에도 계통 전류의 THD가 개선됨을 사례연구를 통하여 보인다.

표 1 시뮬레이션 사례  
Table 1 Simulation case

Case	인버터 공급전력	선형 부하	비선형 부하
Case 1	80kW	50kVA	5kVA
Case 2	20kW	50kVA	5kVA

그림 4는 Case 1에 대한 시뮬레이션 결과이다. 인버터의 공급전력을 80kW로 하고, 부하의 소비전력은 50kVA로 함으로써 남은 30kW 전력은 계통으로 공급된다. 표 2는 그림 4에 대하여  $i_{gabc}$ 의 THD를 비교해놓은 것이다. 제안하는 알고리즘이 Case 1에 대하여  $i_{gabc}$ 의 THD가 개선된 것을 확인할 수 있다.

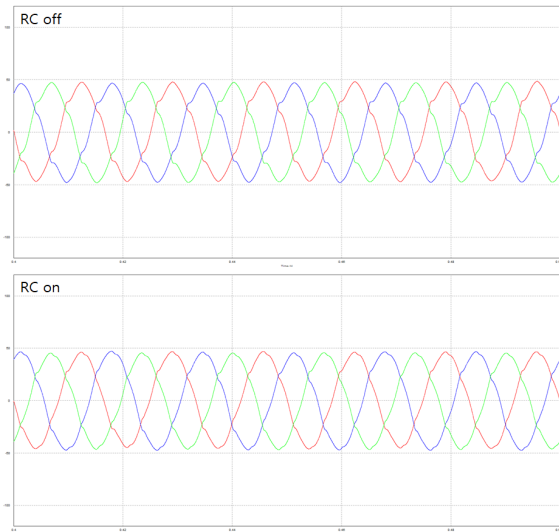


그림 4 Case 1인 경우의 계통전류  $i_{gabc}$   
Fig. 4 Grid current  $i_{gabc}$  ; Case 1

표 2 Case 1의 계통전류 THD 개선  
Table 2 Improved Grid current THD ; Case 1

	THD	
	without RC	with RC
$i_{ga}$	7.36%	4.53%
$i_{gb}$	7.62%	4.37%
$i_{gc}$	7.35%	4.50%

그림 5는 Case 2에 대한 시뮬레이션 결과이다. 인버터의 공급전력을 20kW로 하고, 부하의 소비전력은 50kVA로 함으로써 나머지 20kW 전력은 계통에서 부하로 공급된다. 표 3은 그림 5에 대하여  $i_{gabc}$ 의 THD를 비교해놓은 것이다. 표 3을 보면 인버터의 공급전력이 적은 경우에도  $i_{gabc}$ 의 THD가 개선된 것을 확인할 수 있다.

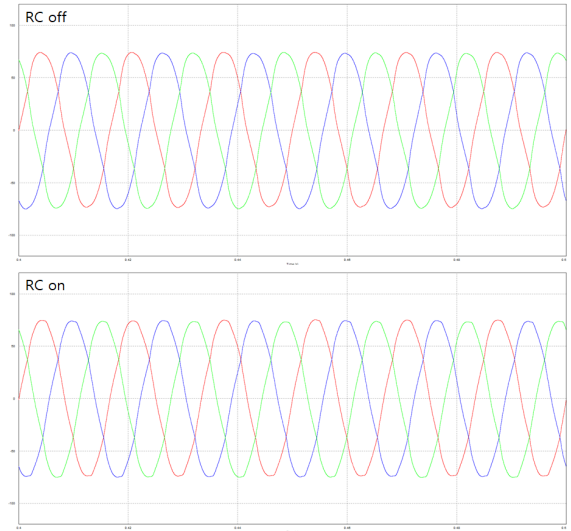


그림 5 Case 2인 경우의 계통전류  $i_{gabc}$   
Fig. 5 Grid current  $i_{gabc}$  ; Case 2

표 3 Case 2의 계통전류 THD 개선  
Table 3 Improved Grid current THD ; Case 2

	THD	
	without RC	with RC
$i_{ga}$	4.36%	2.78%
$i_{gb}$	4.13%	2.81%
$i_{gc}$	4.20%	2.67%

### 4. 결론

본 논문은 반복제어기를 이용하여 인버터의 공급전력이 부하의 소비전력보다 큰 경우나 작은 경우에도 계통전류의 THD를 개선하도록 하는 알고리즘을 제안하였다. 또한 반복제어기의 정확도를 향상을 위해 교류 성분의  $\alpha-\beta$  축을 이용하였다. 시뮬레이션 결과 계통전류 THD가 제안한 알고리즘을 통해 개선된 것을 확인하였다.

### 참고 문헌

- [1] Luo, Yaohua, et al. "High performance repetitive controller for eliminating periodic disturbance of inverter with unbalance load." Power and Energy Engineering Conference (APPEEC), 2012 Asia-Pacific. IEEE, 2012.
- [2] Jiang, Shuai, et al. "Low-THD, fast-transient, and cost-effective synchronous-frame repetitive controller for three-phase UPS inverters." IEEE Transactions on Power Electronics 27.6 (2012): 2994-3005.