

# 단상 계통연계형 컨버터의 SRF-PLL 옵셋 오차로 인한 전류 맥동 저감에 관한 연구

성의석\*, 정병국\*, 황선환\*, 김장목\*\*  
경남대학교\*, 부산대학교\*\*

## A Study of Current Ripple Reduction Due to Offset Error in SRF-PLL for Single-Phase Grid-connected Converters

Eui Seok Seong\*, Byeong Guk Jeong\*, Seon Hwan Hwang\*, Jang Mok Kim\*\*  
Kyungnam University\*, Pusan National University\*\*

### ABSTRACT

본 논문에서는 단상 계통연계형 컨버터의 전원 위상각을 추종함에 있어 필수적인 전압 센서의 옵셋 오차에 대한 영향을 분석하고 이를 검출 및 보상하기 위한 알고리즘을 제안하였다. 전원전압 측정에 따른 옵셋 오차는 전원 주파수의 1배 맥동을 야기하여 전원 위상각이 왜곡된다. 왜곡된 전원 위상각에 의한 좌표변환시 동기 좌표계  $dq$ 축 전류에 전원 주파수 1배의 맥동을 야기하며 이는 계통측 상전류에 직류성분과 전원 주파수 2배의 고조파 성분을 발생시키게 된다. 따라서, 본 논문에서는 전원측정시 야기되는 옵셋 오차의 영향을 분석하고 이의 검출 신호로 전원 위상각 제어기의 적분출력을 선정하였다. 또한 RMS(Root Mean Square) 기법을 이용하여 옵셋 성분을 검출 및 보상하는 알고리즘을 제안하였다. 제안된 알고리즘의 성능은 시뮬레이션과 실험을 통하여 검증하였다.

### 1. 서론

단상 계통연계형 컨버터에서 PLL(Phase Locked Loop)기법은 전력 품질과 전력변환 시스템의 신뢰성 및 안정성에 있어서 필수적이다. PLL 기법의 경우, 일반적으로 전원 시스템으로부터 야기되는 고조파, 주파수 변동 및 계통 전압의 위상 변이 등에 따른 PLL 성능의 향상을 다루고 있다. 하지만, 계통전압의 측정에 따른 옵셋 오차의 영향 또한 PLL 시스템의 성능을 저하시킨다.<sup>[1]</sup>

본 논문에서는 SRF(Synchronous Reference Frame) PLL 기법을 기반으로 상전압을 측정함에 있어서 발생하는 옵셋 오차로 인한 전류 맥동 영향을 살펴보았다. 그 결과 새로운 전류 맥동 보상 알고리즘이 제안되었다. 제안된 알고리즘의 경우, 옵셋 오차는 RMS 기법을 통해서 검출되고 검출된 오차 성분은 PI 제어기에 의해 보상 되므로 출력 상전류에 포함된 직류성분과 전원 주파수 2배의 맥동성분을 제거할 수 있다. 시뮬레이션 및 실험을 통하여 제안된 옵셋 오차 보상 알고리즘의 타당성을 검증하였다.

## 2. SRF-PLL 시스템의 옵셋 오차 영향 분석

### 2.1 단상 계통연계형 컨버터 시스템 구성

그림 1은 일반적인 단상 계통연계형 컨버터의 시스템 구성도를 나타낸다.<sup>[1], [2]</sup>

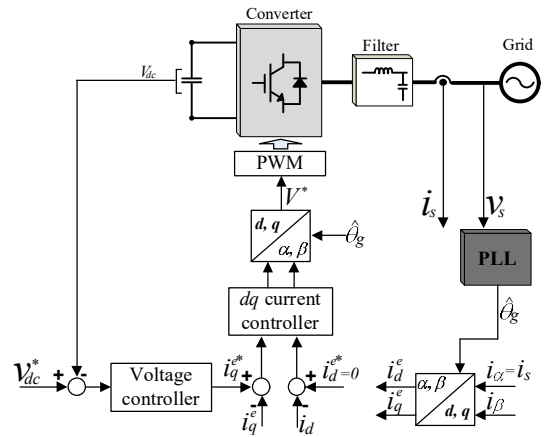


그림1 단상 계통연계형 컨버터의 시스템 구성도

계통전압과 전류의 역률제어를 위하여 PLL 시스템을 통해 상전압  $v_s$ 로부터 위상각  $\hat{\theta}_g$ 을 검출하고 전압 제어기를 통해 생성된 기준전류  $i_{dq}^*$ 를 이용하여 출력전류  $i_s$ 를 제어한다.

### 2.2 SRF-PLL 옵셋 오차로 인한 영향

일반적으로 계통전압은 전압센서를 통해서 측정되는데, 전압 센서와 아날로그 신호처리회로의 비선형성으로 인하여 옵셋 오차가 발생할 수 있다. 특히, 전압 측정에 따른 옵셋 오차는 전원 위상각  $\hat{\theta}_g$ 에 전원 주파수 1배의 맥동을 야기하고 그 결과 계통 측 상전류  $i_s$ 에 직류 성분과 전원 주파수의 2배에 해당하는 고조파를 발생시켜 전력품질을 저하시키게 된다.

왜곡된 위상각이 출력전류  $i_s$ 에 미치는 영향을 살펴보기 위해 왜곡된 위상각을 사용하여 정지좌표계 전류  $i_{s,error}$ 를 동기 좌표계 전류  $i_{dq,error}^e$ 로 좌표변환하면 식(1)과 같다.

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} i_{d,error}^e \\ i_{q,error}^e \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} \cos\theta + \Delta_O & \sin\theta + \Delta_O \\ -\sin\theta + \Delta_O & \cos\theta + \Delta_O \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -I_m \sin\theta \\ I_m \cos\theta \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} I_m \Delta_O (\cos\theta - \sin\theta) \\ I_m \Delta_O (\cos\theta - \sin\theta) + I_m \end{bmatrix} \end{aligned} \quad (1)$$

