

# 저전압 계통 위상 추정을 위한 개선된 PLL 방법

손현수<sup>1</sup>, 양세동<sup>1</sup>, 김가인<sup>1</sup>, 신민호<sup>2</sup>, 이정효<sup>†</sup>  
 군산대학교<sup>1</sup>, 에이피이엘<sup>2</sup>

## Improved PLL method for phase estimation low grid voltage condition

Hyeon-Su Son<sup>1</sup>, Se-Dong Yang<sup>2</sup>, Ga-In Kim<sup>2</sup>, Jung-Hyo Lee<sup>†</sup>  
 Kunsan National University<sup>1</sup>, APEL<sup>2</sup>

### ABSTRACT

본 논문은 저전압 계통 위상 추정을 위한 개선된 Phase-Lock Loop(PLL) 방법을 제안한다. 계통연계장치의 전력제어를 위해서는 계통위상을 측정하는 것이 필수적이며 계통 위상을 측정하기 위해서는 일반적으로 PLL을 사용한다. PLL을 이용한 계통 위상추정 방법은 전압 기반의 dq변환을 이용하는 방식이 활용되고 있다. 하지만 이러한 방법은 저전압시 계통위상정보추정이 어렵다. 본 논문은 기존의 전압정보 뿐만 아니라 전류정보를 이용하여 저전압시에도 계통위상을 측정하는 방법을 제안한다

### 1. 서론

최근 신재생에너지가 대두되어 친환경 에너지로써 각광받고 있으며 이에 따라 계통 접속이 많아지고 있으며 이를 위한 Grid-Code가 제정되어 수행되고 있다. 이에 따라 계통연계장치들은 독일 Grid-Code의 저전압 고장시 그림 1(a)에서 보이는 저전압시에 일정 시간 이상 무효전류를 공급해야되는 조건과 그림 1(b)에서 보이는 동적계통지원 그림이며 그림 1(b)에서 20ms 내에 그림과 같은 무효전류를 공급해야되는 조건 만족이 요구되고 있다. 기존의 계통연계장치에서 전압 센싱값을 이용해 PLL 블록에서 위상 정보를 얻을 수 있다. 기존의 방식은 [1] 방법은 기존 PI제어기없이 P제어기만으로 계통의 위상추정이 가능함을 설명하였다. 이를 통해 PD제어기를 적용한 위상 추정방법을 제시하였다. [2] 방법은 APF, Notch등 여러가지 필터를 이용한 계통저전압시의 위상 추정 방법을 비교하였다. 그러나 이러한 방법 역시 측정된 전압을 기반으로 하기 때문에 저전압 위상 추출에 한계가 있다. [3]방법은 계통전원에 따른 PLL게인변동을 통해 전압의 크기에 따라 적합한 위상을 얻는 방법을 설명하였다. 그러나 전압이 매우 낮고 노이즈가 많은 구간에서는 이러한 방법 역시 유효성에 한계가 있다. 이와 같이 기존의 방식들은 위상 정보 추정에 있어 전압 정보만을 활용하여 위상 추정하는 방법이며 이를 통해 저전압시 위상 추정이 어려운 문제가 있다. 이를 개선하기 위한 방법으로 본 논문은 전압정보뿐만 아니라 계통에서 전류 정보를 이용해 계통의 위상을 추정하는 방법을 시뮬레이션을 통해 검증하고자 한다.

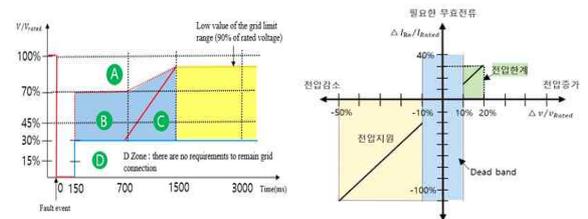


그림 1. LVRT시 독일 Grid-Code  
 (a) 독일 Grid-Code 규정  
 (b) 독일 Grid-Code 동적계통지원

### 2. 전류 정보를 이용한 PLL 방법

그림 2는 기존 PLL 제어기이며 전압 정보를 이용한 계통위상검출기이다. 그림 3은 제안하는 PLL 기법 블록도이다. 그림 3의 회색영역은 기존의 PLL 방법에 dq축 변환된 전류 정보를 추가로 입력받아 그 결과 위상 정보를 추정하여 위상 정보를 추정하고 있다.

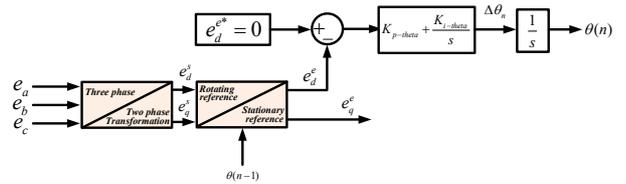


그림 2. 기존 dq변환을 이용한 계통위상검출기

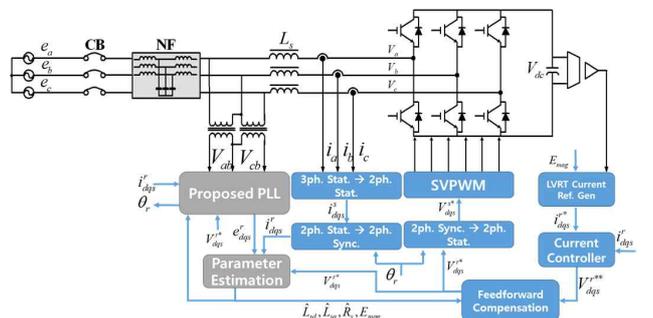


그림 3. 계통파라미터 추정 방법을 통한 계통고장시 계통연계장치 제어 응답 특성 개선방법

## 2.1 제안된 PLL 방법

그림 4는 제안된 계통위상 PLL 방법을 나타내었다. 하단부는 기존의 PI제어기를 이용한 위상추정 블록도이고 위 부분은 계통에 흐르는 전류를 이용한 위상추정 블록도이다. 그림을 살펴보면 dq축으로 변환된 전류에 따른 상태관측기를 이용하여 계통전압과 주파수 성분을 추정하고 이를 기존의 위상추정블록에 보상하여 저전압시에도 위상추정이 가능하도록 구성하였다.

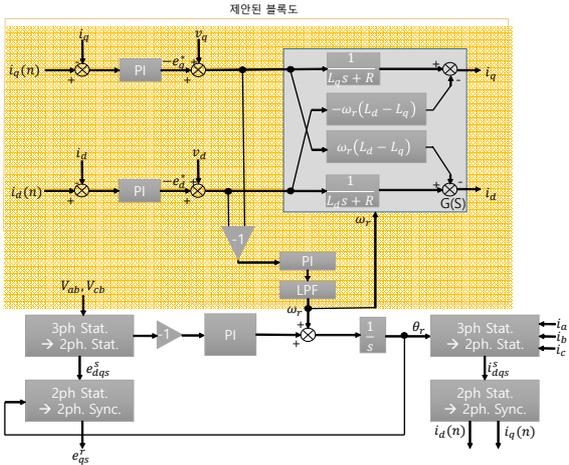


그림 4. 계통전류를 보정한 제안된 PLL 블록도

## 3. 시뮬레이션

시뮬레이션은 그림 5와 같이 Matlab으로 구성하여 모의 실험을 진행하였다. 기존의 PLL 블록에 전압 정보만을 입력받아 위상을 추정하는 방법의 결과를 그림 5에서 나타내었으며 그림 6은 제안된 PLL의 모의실험결과이다.

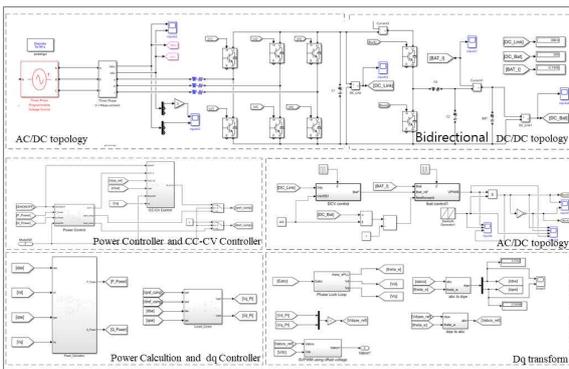


그림 5. 시뮬레이션 블록도

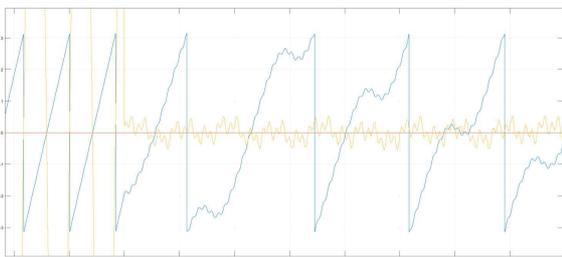


그림 6. 기존 저전압시 위상 추정 결과

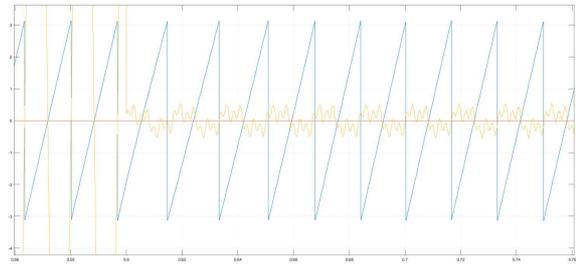


그림 7. 제안된 PLL 기법의 위상 추정 결과

그림 5와 6을 비교하면 기존의 방법은 1%의 계통전압에 대해 위상 추정이 불가능한 반면 제안된 방법은 고조파가 함유된 계통전원에서도 위상 추정이 잘 이루어짐을 알 수 있다.

## 4. 결론

전류 정보를 입력받아 계통 위상 정보 추정하는 제안된 PLL을 이용하는 방법은 전압 기반의 방식에서 위상 정보를 추정하지 못하는 문제를 개선함을 시뮬레이션을 통해 검증하였다. 이로써 본 논문은 기존의 전압정보 뿐만 아니라 전류정보를 이용하여 저전압시에도 계통위상을 추정하는 방법을 제안한다.

## ACKNOWLEDGMENT

This work is supported the Human Resources Development Program (Grant No. 20174010201350) by the Korea Institute of Energy Technology Evaluation and Planning (KETEP) grants.

The Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea (NRF), funded by the Ministry of Education (NRF-2016R1A6A1A03013567).

## 참고 문헌

- [1] Tae-Won Chun, Hong-Hee Leeld, "Synchronization Techniques for Single-Phase and Three-Phase Grid Connected Inverters using PLL Algorithm" The Transactions of Korean Institute of Power electronics, Vol. 16, No. 4, pp. 309-316, Aug., 2011.
- [2] Tae-II Lee, Kyung-Soo Lee, "PLL Control Strategy for ZVRT(Zero Voltage Ride Through) of a Grid-connected Single-phase Inverter", The Transactions of Korean Institute of Power Electronics, Vol. 24, No. 3 pp. 169-180, Jun., 2019.
- [3] Hyeong-Jin Choi, Seung-Ho Song, Seung-Gi Jeong, Ju-Yeop Choi, Ick Choy, "Enhanced Dynamic Response of SRF-PLL System in a 3 Phase Grid-Connected Inverter", The Transactions of Korean Institute of Power electronics, Vol. 14, No. 2, pp. 134-141, Apr., 2009.