

# APF UPS간 빠른 Mode Conversion을 위한 새그 검출기법

성국남\*, 이우철  
한경대학교 전기공학과

## The Sag Detection Technique for Fast Mode Conversion between APF and UPS

Kook Nam Sung\*, Woo Cheol Lee  
HanKyong National University Dept. of Electrical Engineering

### ABSTRACT

이 논문은 새그 전압 발생 시 피크 전압을 빠르게 검출하여 Mode Conversion을 빠르게 하기 위한 방법을 제시한다. 기존의 새그전압 검출기법은 DPLL의 D Q 동기좌표변환을 이용한 방법을 사용한다. 그러나 이 방법을 사용하게 되면 자연시간이 길기 때문에 전압강하가 발생하였을 때 순간적으로 전압강하인지하지 못해 순간정전이나 고조파 등을 생성할 수 있다. 이러한 전압 강하 검출의 자연시간을 짧게 줄인 전압강하 검출기법을 연구하였다.

### 1. 서 론

최근 사무실이나 산업, 일반 가정집에서 컴퓨터, 통신장비와 자동화 장비가 널리 사용되고 있다. 이러한 장비는 24시간 동안 지속적으로 운영해야 해서 높은 신뢰가능한 입력전력을 필요로 한다. 신뢰도가 떨어지는 전력을 이러한 기기에 공급하게 된다면 소비자에게 심각한 손실을 초래하게 된다. 입력전력 교란의 하나인 타입은 전압새그 또는 정전이다. 이것은 전력 계통 상호연결상에 발생하는 사고 때문에 발생한다.<sup>[1][2]</sup>

피크전압 검출기는 최근 신재생 발전 단지의 설치용량이 빠르게 증가함에 따라 발전단지가 계통에 미치는 영향을 염려하는 수준에 이르게 되었으며 따라서 대규모 발전단지의 운영을 위한 Grid Code를 선진국에서는 이미 규정화하고 실행하고 있다. 그 내용 중 가장 핵심적인 Low Voltage Ride Through (LVRT) 기능을 구현하기 위해서는 전원사고 발생 시 급변하는 전원의 위상과 크기를 빠르고 정확하게 알아내는 것이 중요하다. 이런 이유로 피크전압검출기가 제안되었으며 본 논문의 피크전압 검출기법은 기존의 DPLL의 D Q 동기좌표변환을 이용한 방법은 자연시간이 길기 때문에 전압강하가 발생하였을 때 순간적으로 전압강하인지하지 못해 순간정전이나 고조파 등을 생성할 수 있다. 이러한 전압 강하(Sag)의 자연시간을 짧게 줄인 전압강하 검출기법을 제안하였다.

이 논문에서는 시스템구성, APF/UPS모드에 대한 설명 기존의 PLL에 대한 설명, 개선한 PLL에 대한설명, 시뮬레이션 실험파형, 결론으로 구성하였다.

### 2. 시스템 구성

그림1은 3[kW]급 단상 그리드 APFUPS시스템을 나타낸다.  $V_g$ 는 그리드 전압,  $V_{1dc}$ 는  $C_{1dc}$  커패시터에 충전되는 전압,  $L_1$ 은 필터 인덕터,  $C_1$ 은 필터 커패시터를 나타낸다.

계통이 정상범위 내에서 전력을 공급한다면 이 시스템은 전류로 제어를 하는 APF모드로 동작을 하는 반면, 계통에 새그나 정전 또는 그 외의 문제로 인해 문제가 발생하게 되면 전압으로 제어를 하는 UPS모드로 동작하게 된다. 여기서 Static

S/W는 계통과 확실한 차단을 해주는 스위치로써 스위치가 단히면 APF모드로 동작하고 새그나 정전이 발생하게 되면 스위치가 개방되고 커패시터  $C_{1dc}$ 에 있는 전압으로 부하에 전력을 공급하게 되는 UPS모드가 동작하게 된다.

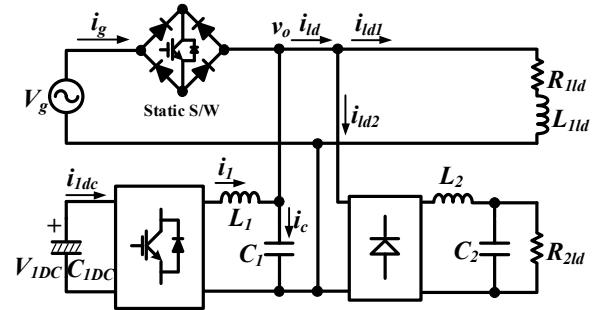


그림 1 계통연계 APF/UPS 시스템  
Fig 1. APF/UPS system with Grid-connected

#### 2.1 기존의 Digital Phase Lock Loop

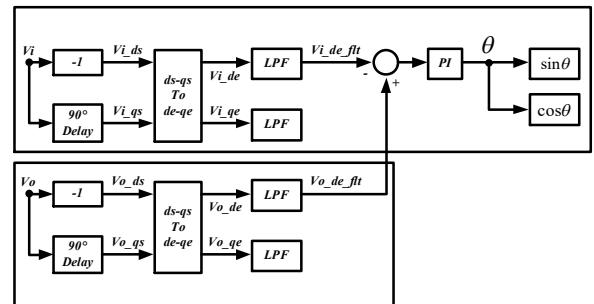


그림 2 기존의 Digital Phase Locked Loop  
Fig 2. Conventional Digital Phase Locked Loop

그림 2 기존의 DPLL의 블록 다이어그램을 보여준다. 이 시스템에서는 단상을 사용하기에 D Q 동기좌표변환 시 q축이 존재하지 않으므로 90° 지연이 되는 임의의 가상의 q축을 만들어 주어야 한다. 임의의 가상의 q축을 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$V_{iqs}(t) = -k \times V_{iqs}(t-1) + k V_{ids}(t) + V_{ids}(t-1) \quad (1)$$

일반적으로 입력 전압의 ds축은 단순히 값을 취해줌으로써 쉽게 생성이 가능한데 여기서 qs축의 값은 qs값의 이전값과 ds축의 현재/이전값과 연산으로 90°도 지연된 가상의 q축을 생성할 수 있다. 여기서 입력전압이 정상인 경우에는 ds/dq축에 문제가 없는데 예측할 수 없는 새그가 발생 시 입력전압의 ds축은 단순히 음의 값을 취해줌으로써 쉽게 값이 변하는 테

반해 qs축은 ds축의 현재/이전값을 지니고 있기 때문에 쉽게 변할 수 없게 된다. 이러한 현상으로 새그를 검출함에 있어 지연이 발생하게 된다. 새그가 발생하는 모든 위상에 대해서 특정한 지연현상이 발생하지는 않고 특정 위상에 대해 이러한 현상이 발생하게 된다.

## 2.2 제안한 새그 / 피크 검출

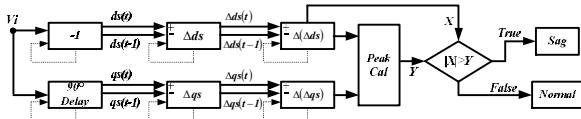


그림 3 제안한 새그 검출

Fig 3. Proposed Sag Detection

그림 3은 제안한 새그 검출을 보여주는 블록 다이어그램이다. 입력전압을 센싱 받아 ds와 qs변환을 하여 각 축의 변화량을 2차에 걸쳐서 구한 뒤 이 두 개의 변수를 이용하여 변화량에 대한 피크값을 구하여 ds의 2차 변화량(X)과 비교를 한다. 이 X값이 피크값(Y)을 초과해버리게 되면 새그가 발생함을 감지한다. 그렇지 않은 경우 정상인 경우로 판별을 한다. 새그가 발생하게 되면 그 순간의 ds값과 위상( $\theta$ )와 연산을 하여 피크값을 검출하여 qs의 피크값에 즉시 인가하는 방식으로 적용을 하였다.

## 3. 시뮬레이션 / 실험파형

그림 4는 입력전압(311V의 ds와 qs파형과 제안한 qs파형과 각각의 피크전압을 나타낸 시뮬레이션을 나타낸다. 위의 그림은 280°에서 50% 새그를 일으킨 파형이며, 아래 그림은 120°에서 새그를 일으킨 파형이다. 각각의 파형의 기준의 qs파형을 관찰하면 새그가 발생하게 되면 ds축의 전압은 즉시 변동하는데 반해 qs의 값은 떨어지기커녕 반대로 값이 증가하는 현상이 발생하게 되면서 일반적인 피크전압이 156V로 떨어지는데 지연현상이 발생하게 되는 것을 확인할 수 있다.

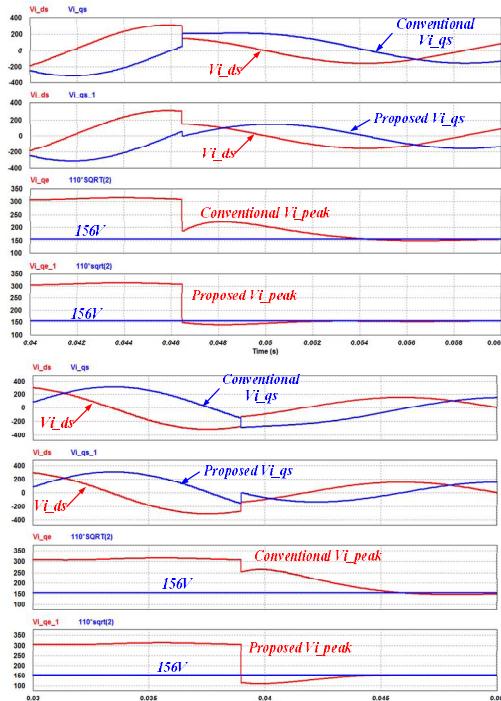


그림 4. 종래의 피크검출방법과 제안한 피크검출방법의 시뮬레이션 (새그발생 280°, 120°)

Fig 4. Simulations of conventional Peak-Detection Method and proposed Peak-Detection Method

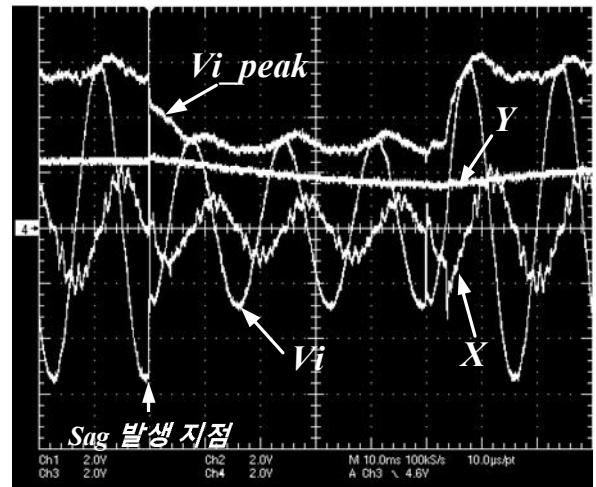


그림 5. 제안한 피크검출방법의 시뮬레이션 (새그발생 280°)

Fig 5. The simulation of proposed Peak-Detection Method

그림 5는 새그를 280°에서 3cycle정도 발생시켰을 때의 그리드전압  $Vi$ 와 그림3에서 언급한 X값과 Y값을 표현한 그림이다. X값이 새그가 발생하는 순간 Y값과 매칭이되면서 새그를 검출하면서 피크값이 떨어지는 것을 알 수 있다.

## 4. 결 론

본 논문은 종래의 Digital Phase Locked Loop(DPLL)을 사용한 D Q변환으로 피크검출을 하는 방법에 대해 알아보았다. 단일 입력전원에서 이 방법에의 qs값을 생성하는데 ds의 현재/이전값과 긴밀한 연관성이 있다. 새그가 발생하는 당시 ds값은 정상적으로 변동하는데 반해 qs값은 특정한 지연이 발생하게 되면서 피크값을 추출하는데 지연시간이 발생하게 된다. 이러한 지연시간을 줄이기 위해 새그가 발생하는 시점의 피크값을 계산하여 qs에 인가하는 방식으로 입력전압의 피크값을 검출하는 방법을 제시하였다. 그러나 검출 당시 위상값이 정확하지가 않아서 시뮬레이션이나 실험파형을 참조하면 피크값에 리플이 발생하는 것을 볼 수가 있다. 앞으로는 정확한 위상을 추출하기 위한 방법을 연구하도록 하겠다.

본 연구는 지식경제부의 지원에 의하여 기초전력연구원 (2010T100100428) 주관으로 수행된 과제임.

## 참 고 문 헌

- [1] N. Woodley, L. Morgan, A. Sundaram, "Experience with an inverter based dynamic voltage restorer," IEEE Trans. on Power Delivery, Vol.14, No.3, pp.1181-1186, Jul. 1999.
- [2] B. Han, B. Bae, H. Kim, S. Baek, "Combined operation of unified power quality conditioner with distributed generation," IEEE Trans. on Power Delivery, Vol.21, No.1, pp.330-338, Jan. 2006.