

단상 인버터 시스템에서 영 전압 근처 전압 강하 검출 기법에 관한 연구

(The Study on Sag Detecting Scheme around Zero Crossing Voltage for Single-Phase Inverter System)

이우철*

(Woo-Cheol Lee)

Abstract

The all pass filter generates a virtual q-axis voltage component with 90° phase delay but the virtual q-axis voltage cannot detect the voltage depending on the phase of the grid voltage. To overcome the problem, q-axis voltage component is generated from difference between the current and previous value of d-axis voltage component in the stationary reference frame. However, the difference voltage between the current and previous value around the zero crossing voltage is not enough to detect the voltage sag. Therefore, the new detection scheme which can detect the sag around the zero crossing voltage is proposed.

Key Words : PLL(Phase Locks Loop), All-Pass Filter(APF), Difference Voltage, Zero Crossing Voltage

1. 서 론

AC/DC 컨버터, APF/UPS, 대체 에너지 발전 시스템 등의 적용 분야에서 정확하고 빠른 계통 전압의 위상 검출은 지령 신호를 만드는데 반드시 필요한 정보이다. 마이크로프로세서를 이용하여 위상각을 만드는

DPLL(Digital Phase Locked Logic)의 경우 동기좌표 변환을 사용하여 위상을 만드는 방식을 일반적으로 사용한다. 계통전압에 노이즈나 외란이 유입될 경우에는 동기좌표변환이 3상에 최적화되어 있어 변환을 하는데 있어 어려움이 없다. 그러나 단상의 경우 가상의 축을 생성하여 좌표변환을 하는 방식이라 기준전압이 계통전압의 유일한 기준이기에 이러한 기준전압이 흔들려 버리게 되면 위상을 검출하는데 있어 어려움이 있다[1-5]. 본 논문에서는 전력품질을 저해하는 요소 중 sag 발생 시 검출하는 방법에 대해 제안하는데 일반적인 DPLL을 사용하여 검출하는 방법과 계통전압의 정지좌표변환 후의 현재/이전 전압의 차이를 통하여 검출하는 방법의 경우 0 전압 근처에서 전압 강하가 발생되었을 때 검출을 못하는 문제점이 발생

* 주저자 : 환경대학교 전기전자제어공학과
IT 융합연구소
* Main author : Hankyong National University Dept.
of Electrical Electronic & Control
Engineering Professor, Institute for
information technology convergence
Tel : 031-670-5323, Fax : 031-670-5329
E-mail : woocheol@hknu.ac.kr
접수일자 : 2013년 11월 11일
1차심사 : 2013년 11월 12일
심사완료 : 2013년 11월 29일

된다[6-7]. 따라서 본 연구에서는 0 전압 근처에서만
의 전압 검출 영역을 따로 존재시켜 sag를 검출할 수
있는 새로운 기법을 제안한다.

2. 본 론

2.1 일반적인 Digital PLL

그림 1은 DPLL의 방법에 대한 블록 다이어그램이
다. 동기좌표변환의 과정은 두 단계로 이루어진다. 정
지좌표변환을 한 다음에 동기좌표변환을 하는 것이다.
우선 정지좌표변환을 하기 위해서는 적어도 2개의 상
(d/q축)이 필요로 하다. 그러나 단상인 경우에는 하나
의 상(d축)만이 존재하게 된다. 그래서 좌표변환을 위
해서는 가상의 상(q축)이 필요로 하게 된다. 전역통과
필터의 기법을 사용하여 d축인 그리드전압에 대해 크
기와 주파수는 변함이 없고 위상만 90° 지연이 되는 q
축을 만들어 낸다. 여기서의 q축은 단순히 좌표변환을
하기 위한 성분일 뿐 실질적인 의미는 없다. 정지좌표
변환을 통해 나온 성분으로 회전좌표변환을 수행한다.
회전좌표변환을 통해 나온 성분 중 무효전력분인 d축
의 값을 이용하여 저역통과필터를 거친 뒤 0에 가까운
값이 되도록 PI제어를 하여 나온 값과 $\omega_{set} T_s$
($2\pi f T_{samp}$) 값을 적산해주어 나온 Angle로 삼각함수를
만들어서 다음 연산에 활용이 된다[8].

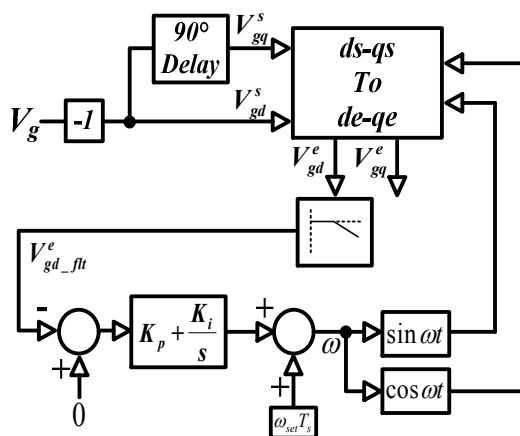


그림 1. 디지털 PLL 블록 다이어 그램
Fig. 1. Digital Phase-Locked-Loop

2.2 기존의 Sag 검출 방법

그림 2는 기존의 Sag검출 방법을 보여준다. 그림1에
서 동기좌표변환을 하고 난 변수인 V_{gd}^e 와 V_{gq}^e 를 이용
하여 rms연산을 다음과 같이 한다.

$$V_{grms} = \frac{\sqrt{(V_{gd}^e)^2 + (V_{gq}^e)^2}}{\sqrt{2}} \quad (1)$$

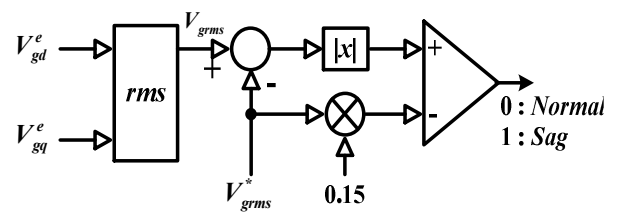


그림 2. 기존의 Sag 검출 방법
Fig. 2. Conventional sag detection method

V_{grms} 의 값과 상용전압의 레퍼런스에 해당하는
 $220 V_{rms}$ 와의 연산을 하여 오차를 구한 값에 절대 값을
취해준다. 그리고 상용전압의 레퍼런스에 해당하는
값에 15% 이상의 변동이 발생하면 전원전압에 문제
가 있다고 생각할 수 있다. 이 전압 이상 변동 범위는
시스템에 따라 조정될 수 있다. 위에서 구한 오차 값
과 15%의 변동의 기준이 되는 레퍼런스와 비교하여
오차 성분이 증가하게 되면 비교 결과 값이 0→1로 변
동하는 순간에 Sag검출을 하게 된다. 현재 시스템 상
에서는 그림 2와 같은 검출 기법을 사용하고 있으나
단상 동기좌표변환에 사용되는 전역통과 필터로 만든
정지좌표계의 가상의 q축이 Sag를 일으키는 모든 위
상에 대해 정상적으로 동작하지는 않는다. 일정 구간
에서 비이상적으로 동작하는 전역통과필터로 인하여
Sag 검출 알고리즘에 지연이 발생하게 된다. 이러한
지연을 줄이기 위해 다음과 같은 방법이 제안되었다
[9-10].

2.3 현재/이전값 연산을 이용한 검출방법

전역통과필터를 이용한 가상의 q축을 다음과 같이

나타낼 수 있다[8].

$$V_{gq}^s(t) = -k \cdot V_{gq}^s(t-1) + k \cdot V_{gd}^s(t) + V_{gd}^s(t-1) \quad (2)$$

그림 3은 그리드전압에 대해 정지좌표변환을 하는 과정 중에서 샘플링 시간당 현재/이전 값에 대한 연산에 대해 종전의 Sag검출방법에 대한 그림을 보여준다. 정지좌표계상의 d'축의 값은 일반 그리드 전압에 음의 값을 취해준 값으로 회전좌표변환해서 나온 유·무효 성분 중 유효성분을 양의 값으로 보기 위함이다. 정지좌표변환 이후의 현재의 d/q축의 성분을 한 샘플링 이전의 값과 연산한 값을 다음과 같이 구한다.

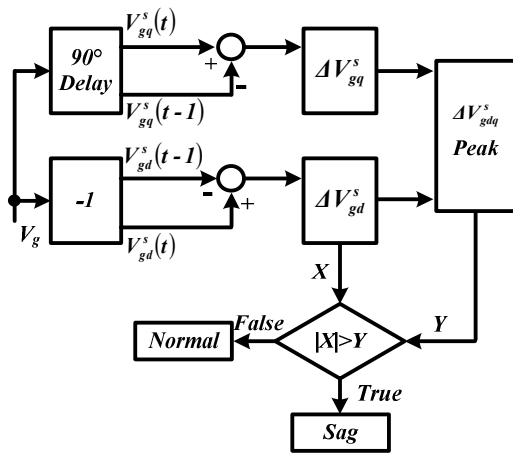


그림 3. 현재값 과 이전값 차이 연산을 이용한 기존의 Sag검출방법

Fig. 3. Conventional sag detection scheme using the difference between current and previous value of the voltage

$$\Delta V_{gd}^s(t) = V_{gd}^s(t) - V_{gd}^s(t-1) \quad (3)$$

$$\Delta V_{gq}^s(t) = V_{gq}^s(t) - V_{gq}^s(t-1) \quad (4)$$

식 (3)과 (4)를 이용하여 새로운 Sag검출을 기준이 되는 피크 성분을 구한다.

$$\Delta V_{gdq_pk}^s = \sqrt{(\Delta V_{gd}^s)^2 + (\Delta V_{gq}^s)^2} \quad (5)$$

검출기준이 되는 X와 Y변수에 대해 다시 삼각함수

의 형태로 정리해보면 다음과 같다.

$$V_{gd}^s(t) = -\sqrt{2} V \cdot \sin \omega t \quad (6)$$

식 (5)는 그리드 전압인 d축 값과 위상차 90도를 가지는 가상의 q축 값에 대한 현재 값과 이전 값의 차이에 대한 피크 전압 성분을 나타내며 그림 3에서 Y 변수에 해당되며, 이 값은 그리드 전압이 정상일 때 미리 계산되어진 값이다. 식 (3)은 그리드 전압에 대한 현재 값과 이전 값의 차이에 대한 값으로 그림 3에서 X 변수에 해당된다. 그리드 전압이 정상일 때는 X 변수 값을 벗어나지 않는다. 그러나 그리드 전압이 감소하거나 증가하게 되면 그리드 전압 현재 값인 $V_{gd}^s(t)$ 역시 감소하거나 증가하게 된다. 그러나 이전 그리드 전압 값인 $V_{gd}^s(t-1)$ 의 경우 정상상태였을 때의 값을 가지고 있다. 따라서 전압 변동이 생겼을 때는 $\Delta V_{gd}^s(t)$ 값이 그리드 전압이 정상일 때 보다는 전압 변동이 커지게 된다. 변수 X의 값이 변수 Y값을 초과되면 Sag 또는 Swell이 발생했다고 판단하게 된다. 여기서 V는 상용전압 $220 V_{rms}$ 이다. 위에서 언급하였듯이 d축에 대한 정지좌표변환은 그리드 전압에 음의 값을 취해준 성분이다. d'전압의 이전 값은 현재 시스템에서 사용하는 샘플링타임은 $100\mu s$ 이다. 즉 식 (6)보다 $100\mu s$ 지연된 값이 나온다. 그리고 그리드전압의 주파수는 60Hz가 기준이 되며 이것은 $2\pi(rad)$ 으로 볼 수 있다. 그러면 $100\mu s$ 에 해당되는 라디안을 계산을 하면

$$\frac{1}{60} : 2\pi = 100 \times 10^{-6} : x, \quad x = 0.0377r \quad (7)$$

위에서 구한 (7)의 값으로 한 샘플링 이전에 해당하는 $V_{gd}^s(t-1)$ 의 값을 다음과 같이 구한다.

$$V_{gd}^s(t-1) = -\sqrt{2} V \cdot \sin(\omega t - 0.0377r) \quad (8)$$

식 (7)과 (8)을 이용하여 식 (3)을 다시 표현하면

$$\Delta V_{gd}^s(t) = -\sqrt{2} V \cdot \sin \omega t - \{-\sqrt{2} V \cdot \sin(\omega t - 0.0377r)\} \quad (9)$$

$$\Delta V_{gd}^s(t) = -A\sqrt{2} \cdot \cos(\omega t - \alpha) \quad (10)$$

A의 값은 8.3이고, α는 0.0188(radian)이다.

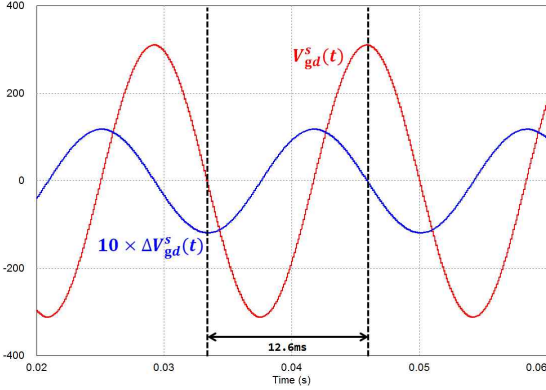


그림 4. $V_{gd}^s(t)$ 와 $10 \times \Delta V_{gd}^s(t)$ 의 파형
Fig. 4. The waveform of $V_{gd}^s(t)$ and $10 \times \Delta V_{gd}^s(t)$

그림 4는 $V_{gd}^s(t)$ 와 $10 \times \Delta V_{gd}^s(t)$ 의 파형을 보여준다. $10 \times \Delta V_{gd}^s(t)$ 의 경우 그림 상에 비교가 되는 것을 명확하게 보여주기 위해서 임의로 10배를 해주었다. $V_{gd}^s(t)$ 를 기준으로 지연된 정도를 계산하기 위해 시간을 측정해 보니 12.6msec의 지연시간을 측정할 수 있으며 이 시간을 degree로 변환하면 약 272° 로 위의 계산 값과 비슷함을 알 수 있다. 위와 같은 방법으로 $\Delta V_{gd}^s(t)$ 의 값을 구하면 다음과 같다.

$$V_{gd}^s(t) = \sqrt{2} V \cdot \cos \omega t \quad (11)$$

$$V_{gd}^s(t-1) = \sqrt{2} V \cdot \cos(\omega t - 0.0377r) \quad (12)$$

$$\Delta V_{gd}^s = \sqrt{2} V \cdot \cos \omega t - \{\cos(\omega t - 0.0377r)\} \quad (13)$$

$$\Delta V_{gd}^s = -A\sqrt{2} \cdot \sin(\omega t - \alpha) \quad (14)$$

A와 α의 값은 위와 동일하다. 식 (10)과 (14)를 이용하여 식 (5)를 다시 표현하면

$$\Delta V_{gdq-pk}^s = \sqrt{\{-A\sqrt{2} \cdot \cos(\omega t - \alpha)\}^2 + \{-A\sqrt{2} \cdot \sin(\omega t - \alpha)\}^2} \quad (15)$$

$$\therefore \Delta V_{gdq-pk}^s = A\sqrt{2}$$

다음으로 Sag가 발생했을 경우를 해석해 보겠다. 50% Sag가 발생했을 경우의 $V_{gd}^s(t)$ 와 $V_{gd}^s(t-1)$ 값은 다음과 같다.

$$V_{gd}^s(t) = -\frac{\sqrt{2}}{2} V \cdot \sin \omega t \Rightarrow V_{gd_sag}^s(t) \quad (16)$$

$$V_{gd}^s(t-1) = -\sqrt{2} V \cdot \sin \omega t \Rightarrow V_{gd_nor}^s(t-1) \quad (17)$$

식 (17)의 값을 식 (8)값과 달리 지연된 위상을 생략하였는데 그 이유로는 삼각함수 연산을 하는데 간편하게 하기 위함과 지연된 위상이 아주 작은 값이기에 많은 영향을 끼치지 않기 때문이다.

Sag 발생 시의 $\Delta V_{gd_sag}^s(t)$ 의 값은 다음과 같다.

$$\Delta V_{gd_sag}^s(t) = -\frac{\sqrt{2}}{2} V \cdot \sin \omega t - (-\sqrt{2} V \cdot \sin \omega t) \quad (18)$$

$$\therefore \Delta V_{gd_sag}^s(t) = \frac{\sqrt{2}}{2} V \cdot \sin \omega t \quad (19)$$

식 (19)와 시스템에서 그림 3의 Sag를 검출기법에서의 X와 |Y| 변수의 성향을 시뮬레이션으로 표현을 해 보았다.

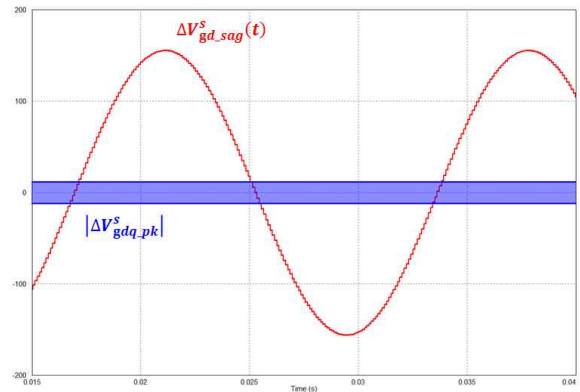


그림 5. $\Delta V_{gd_sag}^s(t)$ 와 $|\Delta V_{gdq-pk}^s|$ 의 파형
Fig. 5. The waveform of $\Delta V_{gd_sag}^s(t)$ and $|\Delta V_{gdq-pk}^s|$

그림 5을 참조하면 $\Delta V_{gd_sag}^s(t)$ 를 X 변수로 볼 수 있고 $|\Delta V_{gd_pk}^s|$ 는 Y 로 볼 수 있다. 조건식인 $X > |Y|$ 의 조건을 만족하는 부분의 구역에서 Sag 발생 시 검출할 수 있다고 볼 수 있다. 그러나 그렇지 않은 구간인 X 의 값이 $|Y|$ 구역에 포함되는 구간에서는 Sag를 발생하여도 $X > |Y|$ 조건을 충족하지 못하게 된다. 이 구간은 0점 부근으로 정현파 특성상 0점 부근에서는 변화하는 양이 크지 않기 때문에 Sag가 발생하여도 시스템에서는 인지 못하는 현상이 발생하게 된다. Sag인지를 못하는 구간을 구하려면 Y 값과 X 의 값이 만나는 부분의 위상을 구하면 된다. 그 부분의 위상은 영점($0^\circ, 180^\circ$)을 기준으로 대략 $\pm 4.42^\circ$ 의 구역에서는 Sag를 발생시켜도 시스템에서 검출을 못하게 된다.

2.4 정지좌표 피크전압을 이용한 피크검출 방법(실시간 검출방법)

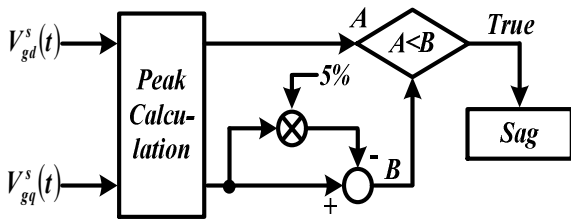


그림 6. 정지좌표변환 피크전압을 이용한 제한된 Sag 검출기

Fig. 6. The proposed sag detection using the peak voltage in the stationary reference frame

2.3절에서 영점 부근에서 Sag 발생 시 검출을 하지 못하게 된다는 것을 언급하였다. 이를 보완하기 위하여 그림 6과 같은 방법을 제안하여 적용한다. 정지좌표변환 뒤 $V_{gd}^s(t)$ 와 $V_{gq}^s(t)$ 의 변수를 이용하여 정지좌표변수에 대한 피크전압을 연산한다. 연산된 피크전압(A)과 A전압에 A전압의 5%에 해당하는 값을 빼 값(B)과 비교하여 A값이 B보다 작을 경우 Sag가 발생하였다고 시스템이 인지한다. 이 부분은 민감하게 기준을 잡아놓았기에 2.3절에서 나타낸 기법으로 잘 검출이 되지 않는 구간보다 좀 더 넓게 0점 근처 10° 안팎에서는 그림 6과 같은 기법을 사용하여 검출을 하

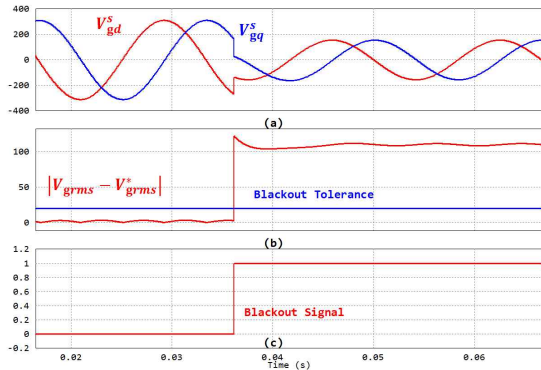
고 나머지 구간에서는 그림 3과 같은 방법을 적용하여 Sag 검출을 하도록 하였다.

3. 시뮬레이션 결과

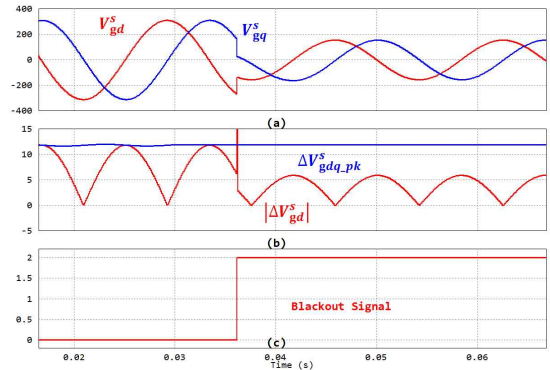
일반 상용전압은 $220 V_{rms}$ 으로 인가하였으며, Sag를 발생시킨 전압은 상용전압의 50%에 해당하는 $110 V_{rms}$ 전압을 사용하였다.

그림 6은 2.2절에서 언급한 기존의 Sag 검출 기법을 이용한 시뮬레이션을 보여준다. Sag를 발생시킨 구역을 나눈 기준은 360° 를 전체로 보았을 때 4구역($0^\circ \sim 90^\circ, 90^\circ \sim 180^\circ, 180^\circ \sim 270^\circ, 270^\circ \sim 360^\circ$)으로 나눌 수 있는데 각각을 순차적으로 1~4구역으로 구분하였다. $0^\circ \sim 90^\circ, 180^\circ \sim 270^\circ$ 구간은 $V_{gd}^s(t)$ 와 $V_{gq}^s(t)$ 의 부호가 서로 다른 구간이며, $90^\circ \sim 180^\circ, 270^\circ \sim 360^\circ$ 구간은 서로 같은 구간이다. 부호에 따라 분류를 한 목적은 전 구간에 Sag를 발생시키는 데에 있어 공통적인 현상으로는 $V_{gd}^s(t)$ 전압은 즉시 떨어진다라는 것이다. 왜냐하면 그리드 전압을 바로 받아오기 때문이다. $V_{gq}^s(t)$ 전압은 부호가 서로 다른 구간에서는 떨어지는 현상을 볼 수 있는데, 부호가 같은 구간에서는 $V_{gq}^s(t)$ 전압이 비정상적으로 증가하는 경향을 볼 수 있다. 이러한 현상으로 인해 그 다음 좌표변환을 하는데 정확한 값을 검출하는데 지연이 발생하게 된다. 각 그림의 두 번째 그림은 그림 2에서 회전좌표변환 후의 변수를 rms연산을 하고 나서 지령 치와의 오차에 절대 값을 적용한 값과 15%의 오차에 해당하는 Blackout Tolerance에 해당하는 기준 값과 비교하여 오차에 해당하는 값이 커지게 되면 Blackout Signal의 값을 1로 출력하면서 시스템이 Sag를 인지하게 되는 것이다. 그런데 $V_{gd}^s(t)$ 와 $V_{gq}^s(t)$ 의 부호가 같은 그림 7 (2)와 같은 구간에서는 Sag가 발생하고 나서 약간의 지연이 발생함을 알 수 있다.

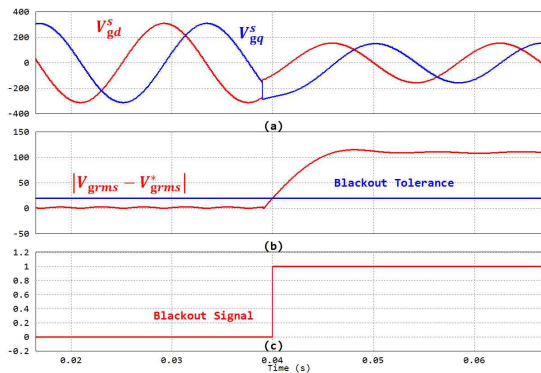
그림 8은 2.3절에서 언급한 정지좌표계에서의 현재/이전 값 연산을 이용하여 Sag를 검출하는 방법에 대한 시뮬레이션을 보여준다. 구역은 위에서 언급한 것과 똑같이 지정하였다. 각 그림의 (b)의 경우 그림 3에 해당하는 X 와 $|Y|$ 의 변수에 해당한다. 이 기법의 조



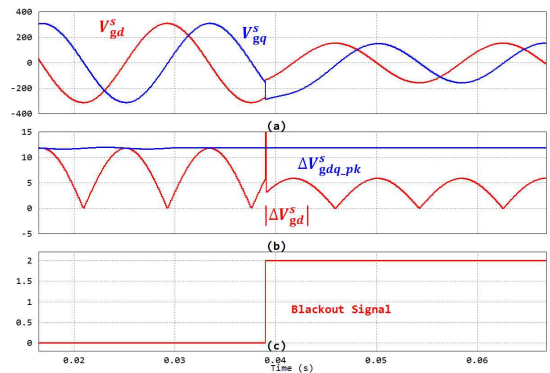
(1) 60° Sag 발생 시



(1) 60° Sag 발생 시



(2) 120° Sag 발생 시



(2) 120° Sag 발생 시

그림 7. 기존의 Sag 검출 기법

- (a) 정지좌표변환 성분 V_{gd}^s, V_{gq}^s (b) Sag 검출범위
- (c) Sag 검출신호

Fig. 7. The conventional sag detection scheme

그림 8. 현재 값과 이전 값 차이를 이용한 Sag 검출방법

- (a) 정지좌표변환 성분 V_{gd}^s, V_{gq}^s (b) 새로운 새그 검출 기준
- (c) Sag 검출신호

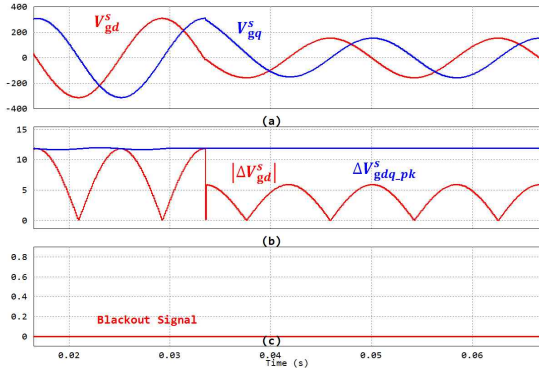
Fig. 8. Sag detection scheme using the difference between the current and previous value

건이 만족을 하게 되면 Blackout Signal은 2로 출력하도록 설정하였다. 기존의 검출기법과는 다르게 d/q축의 부호가 다르거나 같은 구간에서도 Sag 발생 시 즉시 검출됨을 확인할 수 있다.

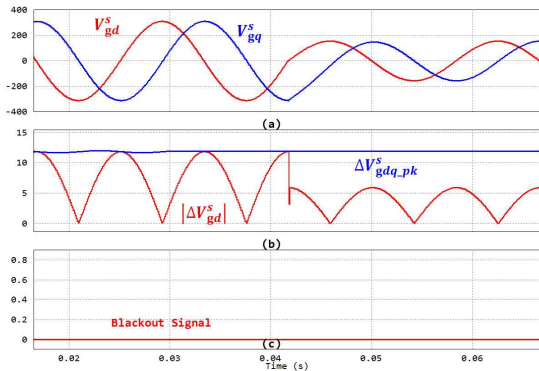
그림 9는 현재/이전 값 연산을 이용하여 Sag 검출방법을 사용하였을 때 0점 근처에서 Sag를 발생시켰을 경우의 파형이다. 그림 5에서 보여주듯이 이 Sag 검출 방법 특성상 현재/이전 값의 오차에 대한 검출이므로 정현파 곡선 특성상 0점 근처에서는 변화의 정도가 작기 때문에 0점 부근에서 Sag가 발생하게 되면 $V_{gd}^s(t)$ 의 위치 0점 부근이고 변화의 정도의 거의 없으며 $V_{gq}^s(t)$ 는 $V_{gd}^s(t)$ 에 의해 결정되는 값이기에 $V_{gd}^s(t)$ 의

값이 변화율이 적고 이로 인해 두 변수가 변화율이 작아지게 된다. 그래서 1-sampling 오차의 값이 $\Delta V_{gdq_pk}^s$ 값을 넘지 못하게 되어서 검출을 하지 못하는 현상이 발생하게 된다.

그림 10은 그림 6의 정지좌표변환의 피크전압이 5%의 이상의 변화가 발생하면 검출하는 방식의 검출기에 대한 시뮬레이션이다. 정지좌표변환의 피크전압을 검출 연산은 동기좌표변환은 초기에 불완전함이 있어 이를 피하기 위하여 0.02초 뒤에 연산을 시작해서 0.01초 동안 연산을 한다. 그런데 피크연산을 시작하면 이 값은 일정한 값이 나오지 않기 때문에 나오는 파형의



(1) 0° Sag 발생 시



(2) 180° Sag 발생 시

그림 9. 0점 부근에서 현재 값과 이전 값 차이를 이용하여 sag 검출방법을 사용하였을 경우

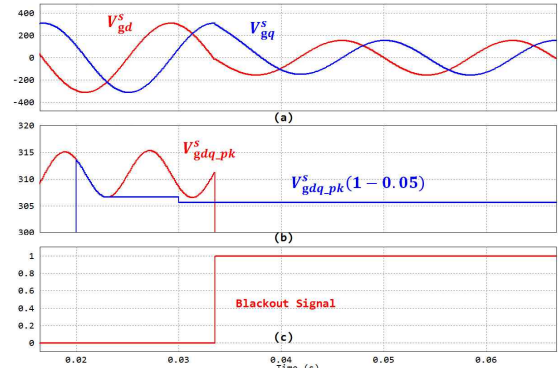
(a) 정지좌표변환 성분 V_{gd}^s, V_{gq}^s (b) 새로운 새그 검출 기준 (c) Sag 검출신호

Fig. 9. Sag detection scheme using the difference between the current and previous value around zero voltage

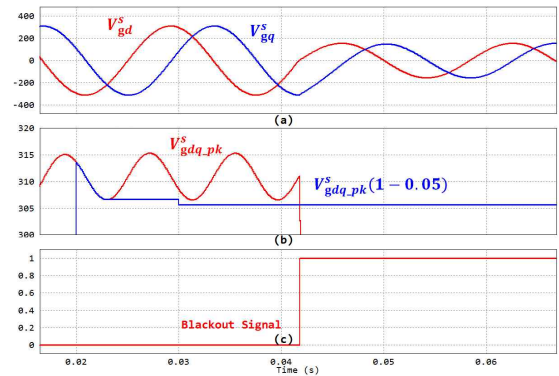
제일 낮은 값으로 선택하여 기준을 잡아준다. 검출범위는 $0\text{점} \pm 10^\circ$ 로 선택하였다. 따라서 현재 값과 이전 값 오차 연산을 이용한 Sag 기법을 사용하다가 0점 주변 $\pm 10^\circ$ 구간에서는 그림 6과 같은 기법을 사용하여 전 구간의 Sag 발생 시 즉시 검출할 수 있도록 적용하였다.

4. 실험 결과

실험과형의 경우 입력 그리드 전압은 $207V_{rms}$ 으로



(1) 0° Sag 발생 시



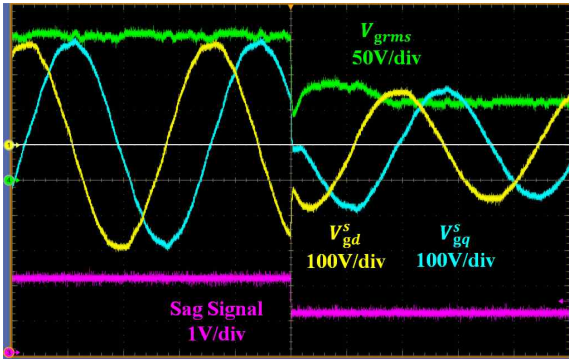
(2) 180° Sag 발생 시

그림 10. 정지좌표변환 피크전압을 이용한 제안된 검출기법의 시뮬레이션 (a) 정지좌표변환 성분 V_{gd}^s, V_{gq}^s (b)정지좌표변환 성분의피크 (c) Sag 검출 신호그림

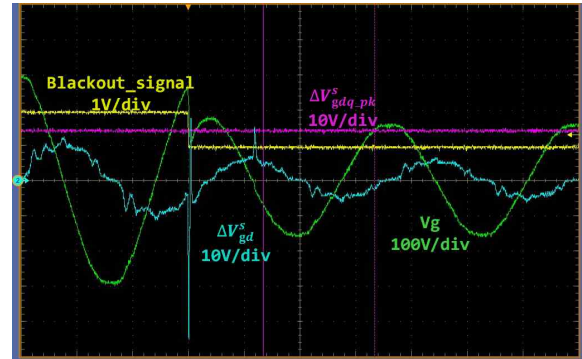
Fig. 10. The proposed sag detection scheme using the peak voltage in the stationary reference frame

사용하였으며 Sag 전압은 그리드 전압의 50%로 선정하여서 실험하였다.

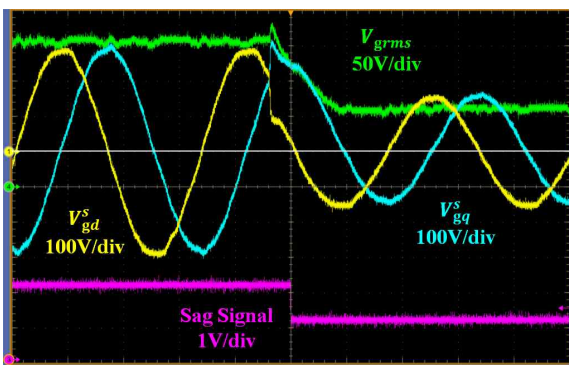
그림 11은 기존의 Sag 검출 기법을 사용하여 나타낸 실험과형을 보여준다. 그림 10 (1)은 $V_{gd}^s(t), V_{gq}^s(t)$ 의 부호가 서로 다른 구간으로 Sag를 발생시키면 즉시 검출이 되는 것을 확인할 수 있다. 그림 11 (2)의 경우는 $V_{gd}^s(t), V_{gq}^s(t)$ 의 부호가 서로 같은 구간으로 Sag를 발생시켰을 경우 $V_{gd}^s(t)$ 전압은 떨어지는데 반해 $V_{gq}^s(t)$ 전압은 증가하는 현상이 나타나게 된다. 그로 인하여 rms 연산을 하는데 정확한 값이 나오는데 지연이 발생하게 되므로 Sag 검출에도 지연이 발생하게



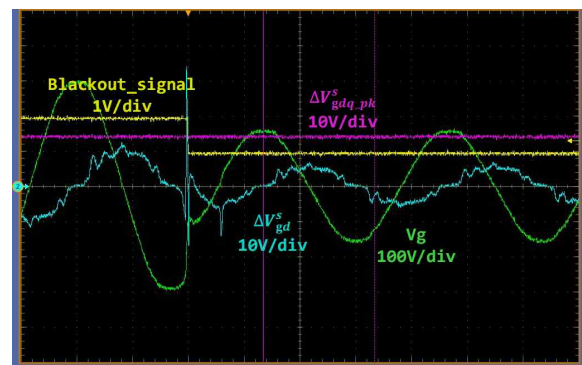
(1) 60° Sag 발생 시



(1) 60° Sag 발생 시



(2) 310° Sag 발생 시

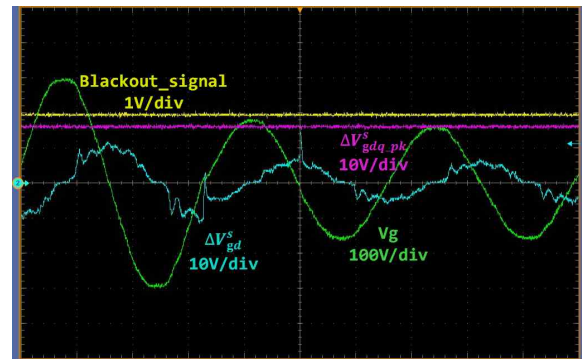


(2) 300° Sag 발생 시

그림 11. 기존의 Sag 검출 기법을 이용한 실험파형
Fig. 11. The experimental results using the conventional detection scheme

된다.

그림 12는 현재 값과 이전 값 오차 연산을 이용한 Sag 검출기법을 사용한 파형이다. ΔV_{gd}^s 의 경우 시뮬레이션 파형과 다름을 알 수 있다. 그 이유는 실제 전원 전압 상에 고조파가 포함되어 있는 관계로 완벽한 정현파의 파형이 나오지 않는다. 그림 12 (1)과 그림 12 (2)는 전역통과필터가 잘 동작하는 구간과 그렇지 않은 구간을 보여주는 파형으로 기존의 검출방법과는 다르게 전역통과필터가 잘 동작하지 않는 구간에서도 즉시 검출하는 것을 알 수 있다. 그림 12 (3)은 Sag를 0°에서 발생시킨 상황으로 시뮬레이션에서 보여 주었듯이 0점 근처에서는 변화량이 적기 때문에 비교의 기준이 되는 $|\Delta V_{gdq_pk}^s|$ 의 값에 매칭이 되지 않아 Sag를 검출하지 못하는 현상을 알 수 있다.



(3) 0° Sag 발생 시

그림 12. 현재 값과 이전 값 차이를 이용한 Sag검출방법
(a) 정지좌표변환 성분 V_{gd}^s, V_{gq}^s (b) 새로운 새검출 기준 (c) Sag 검출신호

Fig. 12. Sag detection scheme using the difference between the current and previous value

5. 결 론

본 연구에서는 단상 인버터 시스템에서 영전압 근처 전압 강하 검출 기법에 대하여 제안하였다. 기존의 전압 강하 검출 방식은 APF를 이용한 d-q 변환을 이용한 디지털 PLL 방식에 기초를 두고 있다. 이와 같은 APF는 전원전압과 90도 위상차를 갖는 가상의 전압을 만들어 내나 이 전압은 전압강하 발생 위상에 따라 전압 강하를 제대로 검출 못하는 구간이 존재를 한다. 이와 같은 현상을 극복하기 위하여 현재 전압 값과 이전 전압 값을 비교함으로써 전압 강하를 검출하는 변경된 APF를 사용하나 이 방법은 0점 부근의 전압 강하에 대해서는 이전 전압과 현재 전압과의 차가 적어서 검출을 못하는 경우가 발생하게 된다. 따라서 본 연구에서는 0 전압 근처에서만 전압 검출 영역을 따로 존재시켜 sag를 검출할 수 있는 새로운 기법을 제안하였으며 이를 시뮬레이션과 실험으로 검증하였다.

본 연구는 경기도의 경기도지역협력연구센터(GRRC) 사업의 일환으로 수행하였음.
 [(GRRC환경2011-B04), 물류 자동화 시스템의 에너지 절약을 위한 전력변환 기술개발]

References

[1] R. S. Weissbash, G.G. Karady, and P.G. Farmer, "A combined uninterruptible power supply and dynamic voltage compensator using a flywheel energy storage system," IEEE Trans. on Power Delivery, Vol. 16, No. 2, April 2001, pp. 265-270.

[2] R. G. Lawrence, K. L. Craven, and G.D. Nichols, "Flywheel UPS," IEEE IA Magazine, May/June, 2003, pp. 44-50.

[3] A. Ghosh and G. Ledwich, "Compensation of distribution system voltage using DVR," IEEE Trans. on Power Delivery, Vol. 17, No. 4, 2002, Oct, pp. 1030-1036.

[4] M. C. Jiang, "Analysis and design of a three-phase active power filter," IEEE Trans. on Aerospace and Electronic Systems, Vol. 37, No. 3, 2001, pp. 824-831.

[5] Sakamoto S, Izumi T, Yokoyama T, Haneyoshi T, "A new method for digital PLL control using estimated quadrature two phase frequency detection" in PCC Osaka 2002 proceedings, Vol 2, pp 671-676.

[6] Guan-Chyu Hsieh, Hung, J.C, "Phase-locked loop techniques loop techniques A survey", IEEE Transaction on Industrial Electronics, Vol 43, Issue 6, Dec, pp 609-615, 1996.

[7] H. M. Yun, J. Y. Bae, Y. Kim, "The Inverter Control Method Using The Voltage Sag Compensation algorithm", Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, Vol. 26, No. 12, pp. 62-67, Dec. 2012.

[8] Y. M. Seo, S. Y. Lee, S. C. Hong, "A Study on Boost Type Single-Phase Inverter System for Compensation of Voltage Sag", Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, Vol. 26, No. 12, pp. 62-67, Dec. 2012.

[9] S. H. Lee, H. M. Hong, "Instantaneous Voltage Sag Corrector Controller Design of Power Line System", Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, Vol. 20, No. 3, pp. 6-11, Mar. 2006.

[10] J. G. Kim, Y. J. Park, I. J. Kim, "Characteristics Analysis of Power Capacitor at Sag & Swell", Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, Vol. 23, No. 10, pp. 21-28, Oct. 2009.

◆ 저자소개 ◆



이우철(李雨哲)

1964년 3월 24일생. 1987년 한양대학교 전기공학과 졸업. 1989년 한양대학교 대학원 전기공학과 졸업. 1988~1998년 효성중공업 기술연구소 책임연구원. 1995~2001년 한양대학교 대학원 전기공학과 졸업(박사). 2007~2009년 Virginia Polytechnic Institute and State University USA Visiting Professor. 현재 환경대학교 전기전자제어공학과 교수. 2011년~현재 전력전자학회 학술위원.