

그리드 전압의 순간전압강하 검출을 위한 연구

성국남*, 이우철
한경대학교 전기공학과

The Study for Sag Detection of Grid voltage

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

ABSTRACT

본 논문은 그리드 전원에 이상 발생 시 새그 / 피크를 빠르게 검출하는 시스템을 제안한다. 기존의 새그전압 검출기법은 DPLL의 동기좌표변환을 이용한 방법을 사용한다. 동기좌표변환은 일반적으로 3상 좌표계에서 사용되는 방법인데 현 시스템은 단상을 이용하는 시스템으로서 고정좌표계 변환을 하는데 q축이 존재하지 않아서 이를 실현시키기 위해 그리드 전압을 이용하여 90° 지연이 되는 q축을 만들어 주는 All Pass Filter의 방법을 이용한다. 그러나 이 방법은 그리드 전압 상에 Power Quality를 떨어뜨리는 변수인 새그나 정전 등의 문제가 발생하게 되면 일정한 특정 구간에서 새그 변동을 즉시 인지하지 못하는 현상이 발생하게 된다. 이러한 지연현상으로 인해 시스템에 새그가 발생한 시그널이 늦게 전달하는 현상이 발생하게 된다. 그래서 그리드 전압을 고정좌표계의 성분을 이용하여 현재 / 이전 값 연산을 한 2차 성분을 통한 새그 / 피크 검출방법을 제안한다. 기존의 방법과 제안하는 방법의 시뮬레이션과 실험결과를 비교하여 타당성을 입증하였다.

1. 서 론

최근에 컴퓨터, 공장자동화(Factory automation)장비 및 통신시스템과 같은 전원환경에 민감한 부하들이 증가하는 추세에 따라, 신뢰성과 안정된 전원의 공급이 중요한 문제로 대두되고 있다. 국내 산업 현장에서의 전력 품질의 신뢰성은 매우 높은 편이지만 입력 전압과 전류의 역률에 대한 확실한 규정이 없기에 평상시 전원 측 역률 보상 및 고조파의 억제가 되질 않아 기기에 오동작 및 손상을 초래할 수 있는 상황이 벌어질 수도 있다. 이러한 장비는 24시간 동안 지속적으로 운영해야 해서 높고 신뢰성이 있는 입력전력이 필요하다. 그리고 입력전력 교란의 또 다른 타입으로 전압새그와 정전이 있다. 이것은 전력계통 상호 연결상에 발생하는 사고 때문에 발생한다. 이러한 영향으로 인해 품질이 좋지 않은 전력을 공급하게 되면 장비에 심각한 손실이 발생한다.^{[1][2]}

최근 신재생 발전 단지의 설치용량이 빠르게 증가함에 따라 발전단지가 계통에 미치는 영향을 염려하는 수준에 이르게 되었다. 전원사고 발생 시 급변하는 전원의 위상과 크기를 빠르고 정확하게 알아내는 것이 중요하다. 이런 이유로 피크전압검출기가 제안되었으며 본 논문의 피크전압 검출기법은 기존에 DPLL의 D Q 동기좌표변환을 이용하였다. 이 방법을 사용하면 새그 검출하는데 있어 지연이 발생하게 된다. 이러한 현상으로 인해 새그 발생 시 시스템이 인지하지 못해 순간 정전이나 고조파 등을 생성할 수 있다. 새그검출을 빠르게 하기 위해 그리드 전압에 대해 1차분 성분인 ΔV_g^s 을 이용하여 새그를 검출하는 방법이 제안되었다.^[3] 그러나 이 방법은 제로크로싱 근처에

새그발생 시 검출하지 못하는 단점이 발생하게 된다. 이러한 새그의 지연시간을 짧게 줄인 전압강하 검출기법을 제안하였다.

2. 본 문

2. 1 All-Pass Filter와 Digital Phase Locked Loop

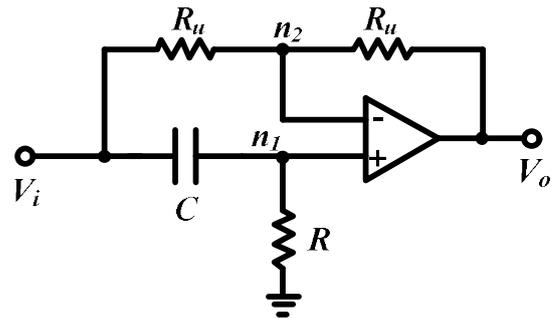


그림 1 Op-amp를 이용한 전역통과필터 회로

Fig. 1 Schematic of all-pass filter using an op-amp

그림 1은 Op amp를 이용하여 나타낸 전역통과필터의 회로이다. 이 회로에 대한 전달함수를 구하기 위하여 node1(n1), node(n2)에서 KCL을 이용하여 회로방정식을 작성한다.

$$\frac{V_i(s) - V_a(s)}{\frac{1}{sC}} = \frac{V_a(s)}{R} \quad (1)$$

$$V_a(s) = \frac{sRC}{1 + sRC} V_i(s) \quad (2)$$

$$\frac{V_i(s) - V_a(s)}{R_u} = \frac{V_a(s) - V_o(s)}{R_u} \quad (3)$$

$$V_a(s) = \frac{1}{2} (V_i(s) + V_o(s)) \quad (4)$$

$$\frac{V_o(s)}{V_i(s)} = \frac{sRC - 1}{sRC + 1} \quad (5)$$

식(1), (3)은 n1, n2의 시점에서 KCL을 이용하여 정리한 식이며 식(2), (4)는 각각을 정리한 식이다. 이 두 식으로 정리하여 전달함수인 식(5)로 정리할 수 있다. 이 식을 이용하여 Tustin's Method를 대입하여 Z 변환 후 다시 시간 도메인으로 옮기는 연산을 통하여 다음과 같은 90° 지연이 되는 결과값을 얻을 수 있다.^[4]

$$V_{ga}^s(t) = -k \cdot V_{ga}^s(t-1) + k \cdot V_{gd}^s(t) + V_{gd}^s(t-1) \quad (6)$$

식(6)을 이용하면 하여 3상을 제어할 수 있는 동기좌표변환

을 단상일 경우에도 가능하다.

2. 2 DPLL기반 및 제안하는 새그검출기법

그림 2은 Digital PLL을 나타내는 블록다이어그램이다. 그리드전압을 이용하여 동기좌표변환을 통해 rms연산을 하여 그리드전압상에 15%의 변동이 발생하면 검출하는 방식을 사용한다. 이 방식에서 새그를 발생하는데 있어 전역통과필터가 잘 동작하지 않는 구간이 발생하게 되는데 이러한 구간에서는 새그검출을 하는데 지연이 발생하게 된다. 그래서 전역통과필터를 사용하는 부분인 q축을 보완하기 위해 고정좌표계에서의 d축값을 현재 샘플링 값과 이전 샘플링 값과의 연산을 통한 값을 한번 더 연산하는 방식으로 고정좌표계에서의 q값을 보완한 새로운 V_{gd}^s 로 새그검출하는 방법을 그림3에 나타내었다.

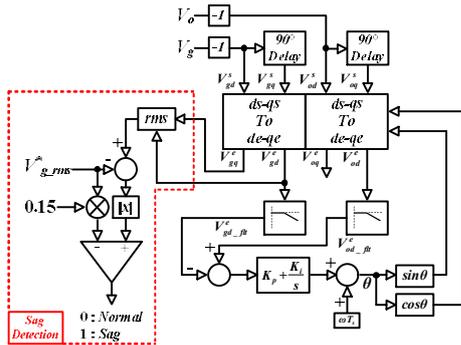


그림 2 DPLL 기반의 새그검출방법

Fig. 2 Sag detection method based on DPLL

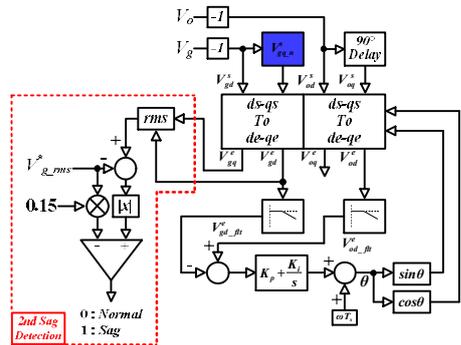


그림 3 새로운 V_{gd}^s 를 이용한 새그검출방법

Fig. 3 Sag detection method using new V_{gd}^s

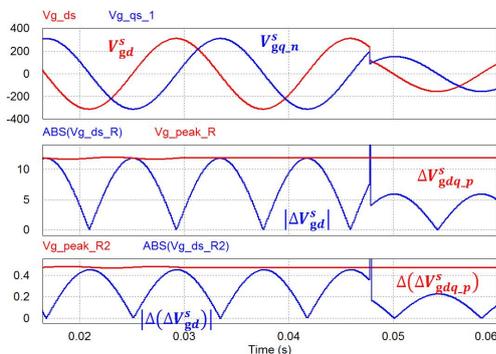


그림 4 330°에서 새그 발생 시 시뮬레이션

Fig. 4 The simulation about sag occurred in 330°

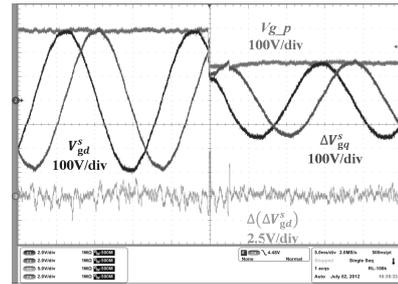


그림 5 330°에서 새그 발생 시 실험파형
Fig. 5 The experimental result about sag occurred in 330°

그림4는 새그를 발생시켰을 때 전역통과필터가 잘 동작이 되지 않는 구간 중 330°에서 발생시킨 시뮬레이션 파형이다. ΔV_{gd}^s 는 고정좌표계에서의 d축의 값을 현재 / 이전 값 연산을 하여 나온 값이다. $\Delta(\Delta V_{gd}^s)$ 은 ΔV_{gd}^s 에 대해 한 번 더 연산해 준 값이다. 이 $\Delta(\Delta V_{gd}^s)$ 값과 $\Delta(\Delta V_{gd}^s)$ 을 이용하여 피크값을 만들어서 이 피크값과 $\Delta(\Delta V_{gd}^s)$ 을 비교 매칭하여 $\Delta(\Delta V_{gd}^s)$ 가 커지는 시점에서 새로운 V_{gd}^s 값을 만들어준다. 그림5는 새로운 V_{gd}^s 을 이용하여 피크값이 정확히 검출되는 것을 확인할 수 있다. 새그 발생 위치는 330°이며 $\Delta(\Delta V_{gd}^s)$ 값이 튀는 부분에서 새그를 인지했다는 신호로 볼 수 있다.

3. 결론

본 논문은 그리드 전원에 이상 발생 시 새그 / 피크를 빠르게 검출하는 시스템을 제안하였다. 이 시스템에서 그리드전압에 새그 발생 시 All Pass Filter의 특성에 따라 ds, qs 전압의 부호가 동일한 구간에서 DPLL기반의 새그검출방법은 검출을 하는데 지연이 발생하게 된다. 이러한 지연을 줄이기 위해 고정좌표계에 샘플링 시간당 현재 값과 이전 값의 연산으로 검출을 하는 제안하는 방법을 제안하였으며 시뮬레이션과 실험파형의 결과 기존의 방법에 비해 제안한 방법이 새그 / 피크값을 빠르고 정확하게 검출함을 확인할 수 있었다.

이 논문은 중소기업청의 산학연 공동기술 개발지원사업 결과물임

참고 문헌

- [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] W. Lee, D. Lee, T. Lee, "New Control Scheme for a Unified Power Quality Compensator Q with Minimum Active Power Injection," IEEE Trans. on Power Delivery, Vol.25, No.2, pp.1068-1076, Apr. 2010.
- [3] H. Cha, S. Lee, T. Vu "A new fast peak detector for single or three phase unsymmetrical voltage sags", Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE), pp.434-440, 12-16 Sept. 2010.
- [4] Han Jin Cho, Won Cheol Lee, Sang Seok Lee, Su Won Lee, Chung Yuen Won, "A Control of the ZVZCS PS FB DC/DC Converter using All Pass Filter", Proceedings of the Korean institute of illuminating and electrical installation engineers, Vol. 24 No. 1, pp.152-159, 2010.