

3상 불평형 계통에 적용가능한 빠른 새그 검출방법

조현식, 김영록, 차한주
충남대학교

Fast voltage sag detection method applicable for three-phase unbalanced grid

HyunSik Jo, Youngrok Kim, Hanju Cha
Chungnam National University

ABSTRACT

본 논문에서는 전압 불평형, 단상 전압 새그, 3상 정전 등의 비정상적인 계통에 대해서 적용 가능한 동기좌표 기반의 3상 새그 검출 방법을 제안하고 그 가능성을 비교하였다. 3상 보상기는 계통 정상상태에서는 부하에 전력을 공급하고, 계통 새그나 사고 발생 시 이상상태를 검출하여 싸이리스터를 오픈하여 계통과 부하를 분리하고 부하에 안정하고 연속적으로 정격 전압을 공급한다. 새그 보상기의 중요한 조건 중 하나는 얼마나 빨리 계통의 이상상태를 검출하여 중요부하와 계통을 분리시켜주는 것이다. 본 논문에서는 계통 불평형 상태에서 동기좌표계에서 발생하는 2고조파 성분을 빠르게 상쇄시키는 구조적으로 간단한 계통의 이상상태를 검출하는 방법을 제안하였다. 제안한 새그 검출기법의 타당성을 시뮬레이션을 통하여 검증 하였다.

1. 서 론

최근 들어 고도 정보화 사회를 맞이하여 컴퓨터 및 정밀기기 등의 수요가 증가함에 따라 모든 전자장비의 시스템 운영에 일치하는 양질의 전력을 공급할 수 있어야 한다. 계통 사고나 새그 발생 시 중요부하에 막대한 악영향을 초래하기 때문에 불안정한 전력으로부터 중요부하의 보호가 요구되고 있다. 중요부하의 보호를 위해서 새그 보상기들이 연구 되고 실제로 적용되고 있다[1]. 새그가 발생했을 때 얼마나 빠른 시간 내에 새그를 검출하는지가 이러한 새그 보상기의 성능을 좌우 하는 조건 중에 하나이다. 새그 검출기법은 그동안 많이 연구 되어져 왔다[2],[3]. 여러 기법들이 있지만 대표적인 예로는 RMS 비교 방식과 순시값 비교 방식이 있다. RMS 비교 방식은 RMS값을 계산하여 계산되어진 값이 일정 기준값 이하로 감소하면 새그를 검출하는 방법이고, 순시 값 비교 방식은 피드백되고 있는 값을 스위칭 주기마다 비교하여 일정 기준값 이하로 감소하면 새그를 검출하는 방법이다. RMS 비교 방식은 평균 값이기 때문에 정확도가 우수한 편이나, RMS값을 계산하기위해 적어도 반주기에서 한주기 정도의 지연시간이 불가피하다. 순시값 비교 방식은 샘플링 주기마다 비교하기 때문에 검출 시간이 빠르지만 노이즈에 취약한 문제점이 있다. 이 뿐만 아니라 기존의 새그 검출 기법들은 각상의 새그도 검출을 해내야 하기 때문에 3상 모두를 피드백 받아 구조가 복잡하다. 본 논문에서 제안하는 새그 검출기법은 3상을 기반으로 하기 때문에 구조가 간단하고 기존의 새그 검출기법과 새그를 검출하는데 동등한 응답

시간을 가진다.

2. 3상 새그 검출 방법

2.1 동기좌표계 기반의 새그 검출 방법

3상 전압새그나 정전의 경우는 어떠한 검출 방법을 사용하더라도 새그를 검출하기가 용이하지만, 단상 전압 새그, 이상 전압 새그, 전압 불평형으로 일어나는 계통의 이상은 3상을 모두 피드백하여 새그를 검출하여야 한다. 하지만 기존의 방법들과는 달리 본 논문에서 제안하는 새그 검출기법은 동기좌표계를 기반으로 하여 새그를 검출하기 때문에 구조가 비교적 간단하다. 동기좌표계 기반의 새그검출 방법을 그림 1에 나타내었다. 이러한 새그검출 방법의 성능을 좌우 하는 것은 90도의 위상지연을 어떠한 방법으로 빠른 시간에 만들어내는 것이다. 이를 위하여 본 논문에서는 미분기를 사용하는 방법, 전대역 필터를 사용하는 방법 그리고 SOGI를 사용하는 방법을 시뮬레이션으로 비교 하였다.

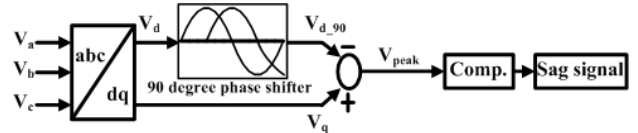


그림 1 동기좌표계 기반의 새그 검출 방법

Fig. 1 Sag detection method based on synchronous reference frame

2.1.1 미분기를 사용하는 새그 검출 방법

90도의 위상 지연을 위하여 미분기를 사용하는 방법은 다음 식과 같다. 3상전압이 불평형 상태일 때 동기좌표계에서 발생하는 2고조파 성분을 미분하게 되면 식 (1)과 같다.

$$V_{d,90} = -2\omega V_{dm} \sin(2\omega t) \quad (1)$$

미분의 특성으로 나오게되는 -2ω 를 나누어주고 이를 피크값을 나타내는 V_q 값에 빼주게 되면 식 (2)와 같이 V_{peak} 의 값을 구할 수 있다.

$$V_{peak} = V_q - V_{d,90} \quad (2)$$

2고조파의 성분이 보상된 V_{peak} 값을 기준값과 비교하여 기준값보다 작으면 새그를 검출하는 방식이다.

2.1.2 전대역 필터를 사용하는 새그 검출방법

90도의 위상 지연을 시키는 다른 방법으로는 전대역 필터를 사용하는 방법이 있다. 일반적인 전대역 필터의 전달함수는 식 (3)과 같다.

$$c = \frac{T_c \omega - 2}{T_c \omega + 2} \quad (3)$$

전대역 필터를 사용하여 출력되는 90도 위상 지연값을 식 (2)와 마찬가지로 적용을 하면 2고조파의 성분이 보상된 V_{peak} 값이 생성된다.

2.1.3 SOGI를 사용하는 새그 검출 방법

90도의 위상 지연을 시키는 또 다른 방법으로는 SOGI를 사용하는 방법이 있다. SOGI를 사용하여 90도의 위상 지연을 블록도를 그림 2에 나타내었다. 아래 블록도를 수식으로 표현하면 식과 같다.

$$SOGI(s) = \frac{v'(s)}{k\varepsilon_v} = \frac{\omega' s}{s^2 + \omega'^2} \quad (4)$$

$$D(s) = \frac{v'(s)}{v} = \frac{k\omega' s}{s^2 + k\omega' s + \omega'^2} \quad (5)$$

$$Q(s) = \frac{qv'(s)}{v} = \frac{k\omega'^2}{s^2 + k\omega' s + \omega'^2} \quad (6)$$

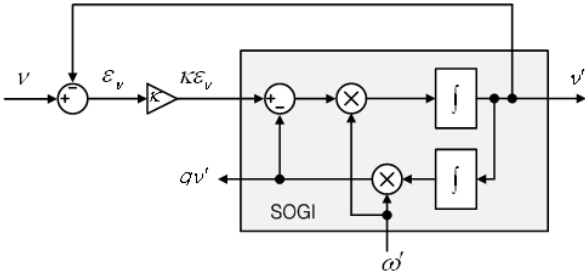


그림 2 SOGI QSG(Quadrature Signal Generation) 블록도
Fig. 1 Block diagram of SOGI-QSG

2.2 시뮬레이션 결과

제한한 새그 검출방법들의 성능을 검증하기 위하여 PSIM 9.0 소프트웨어로 시뮬레이션을 하였다. 그림 3은 3상계통에서 단상 새그가 발생하였을때의 계통전압과 동기좌표계의 V_d , V_q 의 값이 불평형이 발생하여 2고조파 성분을 가지고 맥동하는 것을 보여준다. 그림 4는 단상 전압 새그 발생시의 V_d 의 맥동성분을 미분기를 사용하여 90도 지연을 시킨 후 보상을 해준 파형으로 한주기 만에 계통의 피크 값을 나타내는 V_{peak} 의 값이 수렴하는 것을 확인할 수 있다. 그림 5와 그림 6은 같은 계통 조건에서의 전대역 필터와 SOGI를 적용한 시뮬레이션 파형이다.

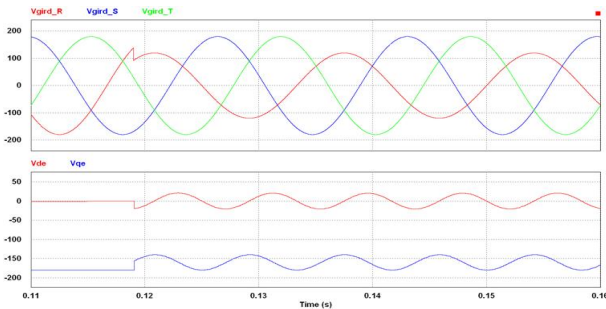


그림 3 단상 전압 새그 발생시 V_d , V_q 의 맥동
Fig. 3 Oscillation of V_d , V_q at one-phase voltage sag

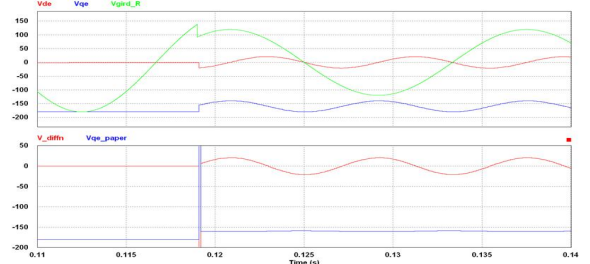


그림 4 단상 전압 새그 발생시 V_d , V_q , $V_{d,90}$, V_{peak} 미분기를 사용한 새그 검출
Fig. 4 V_d , V_q , $V_{d,shift}$, V_{peak} at one-phase Voltage sag using differentiator

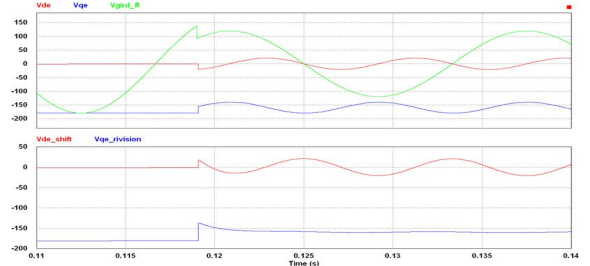


그림 5 단상 전압 새그 발생시 V_d , V_q , $V_{d,90}$, V_{peak} 전 대역 필터를 사용한 새그 검출
Fig. 5 V_d , V_q , $V_{d,shift}$, V_{peak} at one-phase Voltage sag using All-pass filter

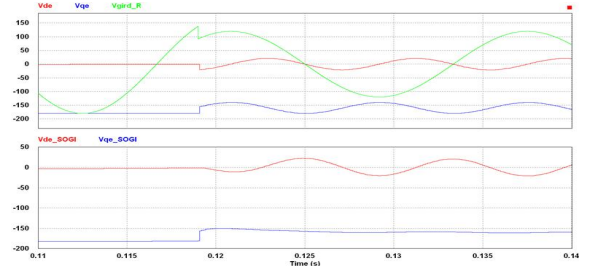


그림 6 단상 전압 새그 발생시 V_d , V_q , $V_{d,90}$, V_{peak} SOGI-QSG 사용한 새그 검출
Fig. 6 V_d , V_q , $V_{d,shift}$, V_{peak} at one-phase Voltage sag using SOGI-QSG

3. 결론

본 논문에서는 전압 불평형, 단상 전압 새그, 3상 정전 등의 비정상적인 계통에 대해서 적용 가능한 동기좌표 기반의 3상 새그 검출방법을 제안하고 그 가능성을 비교하였다. 본 논문에서는 계통 불평형 상태에서 동기좌표계에서 발생하는 2고조파 성분을 빠르게 상쇄시키는 구조적으로 간단한 계통의 이상상태를 검출하는 방법으로 미분기, 전대역 필터, SOGI를 사용하는 방법을 비교하였으며, 새그 검출기법의 타당성을 시뮬레이션을 통하여 검증 하였다.

참고 문헌

- [1] Hyunsik Jo, Wujong Lee, Hanju Cha "Three Phase Voltage Sag Compensator For Smart Grid And Infrastructure" IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference(VPPC), pp. 1463 1468 2012.10
- [2] R. Naidoo and P. Pillay, "A new method of voltage sag and swell detection," IEEE Trans. on Power Delivery, Vol.22, No.2, pp. 1056 1063, Apr. 2007.
- [3] Polajzer, B.; Stumberger, G.; Seme, S.; Dolinar, D., "Generalization of Methods for Voltage Sag Source Detection Using Vector Space Approach", IEEE Trans. On Industry Applications, Vol.45. No.6. Nov. Dec. 2009, pp. 1 8