

SOGI-PLL기법 분석 및 실험

문병호, 조현식, 차한주
충남대학교 전기공학과

Analysis and experiment of SOGI-PLL technique

Byeongho Mun, Hyunsik Jo, Hanju Cha
Department of Electrical Engineering, Chungnam National University

ABSTRACT

계통연계 인버터에서 계통전압과 위상을 일치시키기 위한 PLL은 필수이다. 기존의 PLL의 경우 계통전압에 불평형이 발생하면 계통의 위상을 정확하게 추종할 수 없기 때문에 제어할 수 없게 되고 이는 시스템에 심각한 영향을 미칠 수 있다. 따라서 불평형 전압이 발생하여도 정확하게 위상을 추종할 수 있는 기법의 필요하다. 본 논문에서는 SOGI(Second Order Generalized Intergrator)를 소개하고 시뮬레이션과 실험을 통해 그 타당성을 검증한다

1. 서론

최근 고도 정보화 사회를 맞이하여 정밀한 기기의 사용이 늘고 있다. 이러한 기기에 전력을 공급하는 계통연계 인버터에서 계통의 위상을 추종하는 PLL을 필수적이다. 그러나 최근 신재생 에너지의 보급이 활발하게 이루어지면서 풍력발전과 같은 신재생 에너지가 계통에 악영향을 끼치는 경우가 많이 발생하고 있다. 아직까지는 기존의 계통이 잘 버텨주고 있지만 앞으로 신재생 에너지의 보급은 더욱 늘어 날 것이고 이것은 계통에 더 많은 악영향을 끼치게 될 것이다. 이와 같은 상황에서 만약 계통이 불평형 상태에 빠지게 되면 기존의 PLL기법으로는 불평형 한 계통전압의 위상을 정확하게 추종하는 것이 불가능하다. 기존의 PLL기법은 dq변환을 이용해 계통전압과 동기화 시켜서 위상을 추종했지만 계통이 불평형 상태일 때 이러한 dq변환을 사용한 기존의 PLL 방법은 계통과 정확한 동기화가 이루어지지 않아 정확한 위상추종이 어렵다. 이러한 문제를 해결하기 위해 2차 적응필터 특성을 가지고 있는 SOGI PLL기법을 사용한다. 본 논문에서는 SOGI를 소개하고 시뮬레이션과 실험을 통해 그 타당성을 검증한다.

2. SOGI-PLL 기법

SOGI는 2차 적응필터 특성을 가지고 있는 Second order AF(Adaptive filter)에서 유래한 기법이다. SOGI는 왜곡현상을 약하게 하는 특성이 있으며 SOGI의 블록도는 그림 1과 같다. 블록도를 보면 입력신호와 피드백 된 출력신호의 차이를 예러 값으로 보고 예러 값에 게인을 곱해서 SOGI에 들어가는 것을 확인할 수 있다. SOGI에 들어오는 신호는 적분기를 거치며 90도 위상차가 생긴 출력신호 v' 와 적분기를 한 번 더 거친 출력 신호 qv' 가 만들어지는 것을 확인할 수 있다. 블록도를 수식으로 표현하면 다음과 같다.

$$SOGI(s) = \frac{v'}{k\varepsilon_v}(s) = \frac{\omega' s}{s^2 + \omega'^2} \quad (1)$$

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

$$Q(s) = \frac{qv'}{v}(s) = \frac{k\omega'^2}{s^2 + k\omega' s + \omega'^2} \quad (3)$$

위 수식에서 SOGI를 기본으로 한 적응필터의 대역폭은 게인 k 에 의해서 결정된다는 것을 알 수 있다. 게다가 각각의 출력 v' 과 qv' 가 입력신호 v 와 진폭이 같다면 ω' 은 입력 신호의 주파수 ω 와 같다. $\omega = \omega'$ 이면 출력은 90도의 위상차를 가지고 나타나는 특성 때문에 SOGI는 PLL에 사용이 가능하며 게인 k 만으로 제어가 가능하다. 그림 1의 SOGI 블록도를 SOGI QSG(Quadrature Signal Generation)라고 부른다. SOGI PLL은 크게 SOGI QSG와 SRF PLL(Synchronous Reference Frame PLL)로 이루어져 있으며 블록도는 그림 2와 같다.

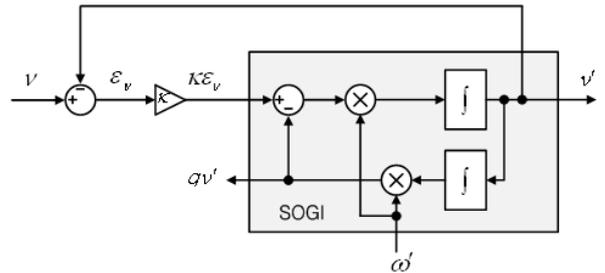


그림 1 SOGI 블록도

Fig. 1 Block diagram of SOGI

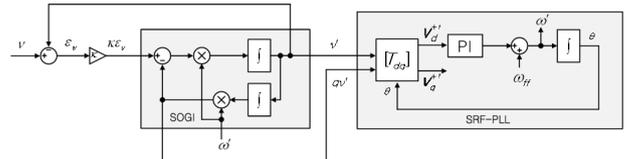


그림 2 SOGI-PLL 블록도

Fig. 2 Block diagram of SOGI-PLL

SOGI QSG는 입력으로 들어온 신호를 90도의 위상차를 가진 신호로 출력을 해주며 이 신호를 회전좌표계로 동기화 시켜서 PLL을 한 것이 SOGI PLL이다. 그림 3은 3상 평형 계통에서의 SOGI PLL이 적용된 파형이다. 3상이 평형 상태이기 때

문에 Vde, Vqe값이 오실레이션을 거의 가지고 있지 않으며 위상을 잘 추종한다. 그림 4는 불평형 계통에서의 SOGI PLL이 적용된 파형이다. 불평형 상태에서도 Vde, Vqe값의 오실레이션이 작다는 것을 볼 수 있으며, 이를 통해 SOGI가 가지고 있는 2차 능동필터 특성으로 인해 오실레이션이 제거 된다는 것을 알 수 있다. 그림 5는 평형 계통에서 불평형 계통으로 변화하는 순간의 PLL의 과도상태를 나타낸다. Vde, Vqe 값이 수렴하는 시간이 약 50ms가 걸리며 과도시간이 지난 후 위상을 정상적으로 추종하는 것을 볼 수 있다.

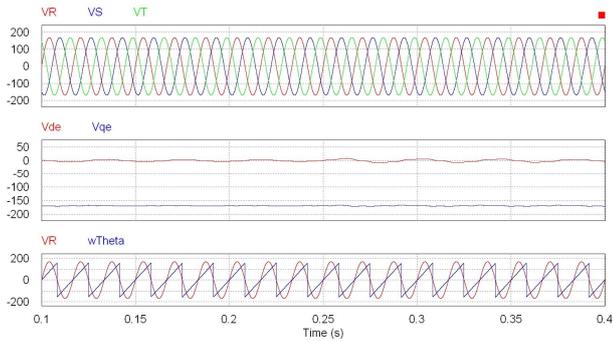


그림 3 평형계통에서의 PLL(시뮬레이션)
Fig 3 PLL in Balanced grid(simulation)

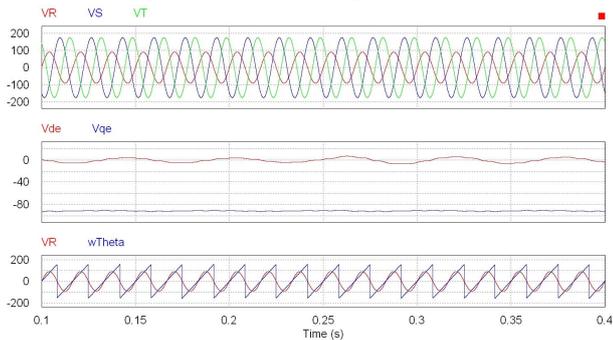


그림 4 불평형계통에서의 PLL(시뮬레이션)
Fig 4 PLL in Unbalanced grid(simulation)

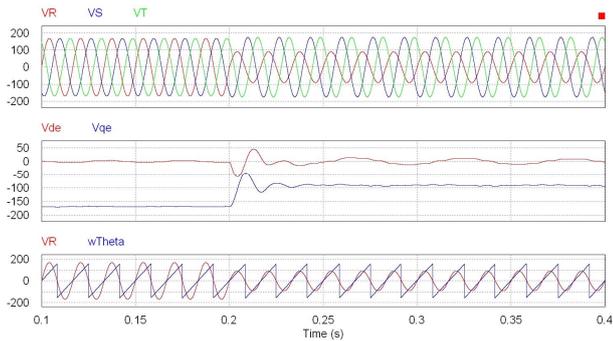


그림 5 계통 불균형시의 PLL 과도상태(시뮬레이션)
Fig 5 PLL in transition state(simulation)

그림 6은 3상 평형상태일 때의 실험파형이며 일반적인 PLL과 같이 정상적으로 위상을 추종하고 있는 것을 확인 할 수 있다. 그림 7은 3상 불평형상태로 B와 C상이 50%정도 전압강하가 생긴 것을 확인 할 수 있으며 정상상태일 때와 마찬가지로 정상적으로 위상을 추종하는 것을 확인 할 수 있다. 그림 8은 평형상태에서 불평형 상태로 계통이 변할 때의 과도상태를 실험한 파형이며 B상에 50%정도의 전압강하가 생긴 것을 확인할 수 있으며 정상적으로 위상추종을 하는 것을 볼 수 있다.

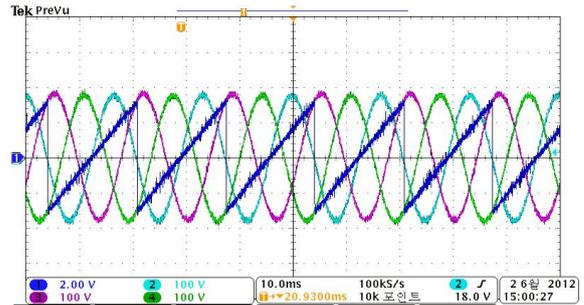


그림 6 평형계통에서의 PLL
Fig 3 PLL in Balanced grid

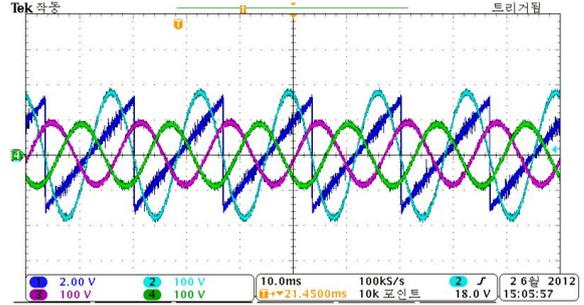


그림 7 불평형계통에서의 PLL
Fig 3 PLL in Unbalanced grid

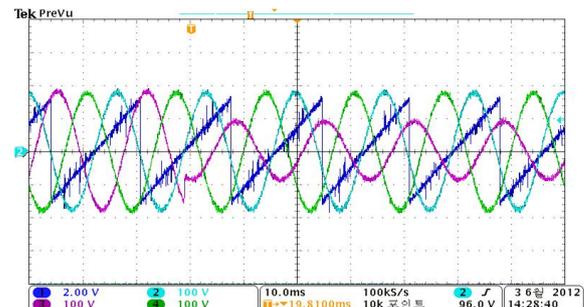


그림 8 계통 불균형시의 PLL 과도상태
Fig 8 PLL in transition state

3. 결론

본 논문에서는 불평형 전압이 발생하여도 정확하게 위상을 추종할 수 있는 SOGI PLL 기법을 소개하였다. SOGI PLL은 평형한 계통에서는 일반적인 PLL과 같이 정확하게 위상을 추종하며 불평형 상태에서도 정상적으로 위상추종이 가능하다는 것을 시뮬레이션과 실험을 통하여 성능을 확인하였다.

참고 문헌

- [1] Rodriguez, P., Teodorescu, R., Candela, I., Timbus, A.V., Liserre, M. and Blaabjerg, F., 'New Positive Sequence Voltage Detector for Grid Synchronization of Power Converters under Faulty Grid Conditions'. In Proceedings of the IEEE Power Electronics Special Conference (PESC'06), June 2006, pp. 1-7.
- [2] Rodriguez, P., Luna, A., Candela, I., Teodorescu, R., Blaabjerg, F., 'Grid synchronization of power converters using multiple second order generalized integrators'. In Proceedings of the IEEE Industrial Electronics Conference (IECON'08), November 2008, pp. 755-760.