

역률 향상 및 THD 저감을 위한 태양광 인버터용 단독운전 검출기법

성원용, 최우혁, 전준영, 신승민, 이병국
성균관대학교

Anti-Islanding Algorithm to Improve Power factor and Reduce THD for PV Inverter

Won-Yong Sung, Woo-Hyuk Choi, Joon-Young Jeon, Seung-Min Shin, Byoung-Kuk Lee
SungKyunKwan University

ABSTRACT

본 논문은 계통 연계형 태양광 인버터에서 고려해야 하는 단독운전방지 기법의 제안을 위하여 기존의 단독운전 방지 알고리즘에 대해 기술하고, 역률을 향상시키기 위한 새로운 방법을 제시하고 해석한다. 시뮬레이션 모델은 PSIM을 이용하여 회로를 구성하였고 주기적 주파수변동을 통해 역률을 최대화 할 수 있는 주파수의 변동량을 확인하여 전력 시스템 품질을 최대로 이끌어내었다. 또한 기존의 주파수변동 기법과의 고조파 및 역률의 차이를 비교하여 본 논문에서 제안한 주기적인 주파수변동 기법의 타당성을 검증한다.

1. 서 론

최근 화석 연료가 고갈되어 감에 따라 재생 가능한 대체 에너지의 사용이 점차 늘어가는 추세이고, 수소 연료전지, 태양광 발전 등의 신재생 에너지를 계통과 연계하는 분산전원시스템의 실용화 보급이 확대되고 있다. 분산전원시스템에서의 단독운전은 계통이 예기치 못한 사고 또는 작업 등으로 인하여 정전이 발생될 경우에도 분산전원 시스템이 계속하여 부하를 분산형전원이 감당하여 운전하고 있는 형태를 말한다. 이와 같은 상황에서 부하용량과 분산형전원의 용량이 어느 정도 평형이 유지되지 않으면 계통의 전압이나 주파수가 한계 허용치에서 벗어나게 되어 고조파나 왜곡 등의 전력품질특성상의 문제가 야기된다.^[1] 단독운전의 문제로 인해 계통과 시스템의 안전을 확보하기 위해서는 이에 대한 대책이 필요하다. 이러한 문제는 IEEE Standard 929-2000 및 IEEE P1547에 언급되어 있다.^[2] 본 논문에서는 기존의 능동적 단독운전 검출 기법 중에서 대표적으로 사용되는 주파수변동 기법^[3]을 비교, 분석하고, 기존의 방법이 갖는 문제점인 역률 저하를 완화 할 수 있는 주기적 주파수변동에 의한 새로운 단독운전 검출 기법을 제안하고 PSIM 및 C Program을 이용한 시뮬레이션을 통하여 검증한다.

2. 주파수변동 기법(Active frequency drift)

기존의 단독운전 검출 기법인 주파수변동 기법은 분산전원 시스템에서 계통으로 공급하는 전류의 주파수를 정확히 계통에 동기 시키지 않고 출력 전류의 주파수를 계통전압의 주파수 보다 빠르게 또는 느리게 바꾸어 단독운전 발생 했을 때 계통 전

압의 주파수 변화를 검출하여 단독운전을 방지하는 기법이다. 이 기법은 불검출영역(Non-Detection Zone, NDZ)을 줄이기 위해 주파수변동 폭을 증가시킬 경우 전력의 품질이 저하되는 단점이 있다.^[4]

3. 주기적 주기변동 기법

본 논문에서 제안하는 주기적 주기변동 기법은 기존의 단독운전 검출 기법의 단점을 보완한 형태의 단독운전 검출 기법이다. 주기적 주기변동 기법의 경우 단독운전이 발생하게 되었을 때, 태양광 인버터에서 공급되는 분산전원전류와 분산전원전압의 위상을 동기 시키는 대신 주기적으로 주파수를 동기 시키지 않으므로써 발생하는 주파수 변화를 검출하여 단독운전 상태를 판단한다.

주기적인 주기변동 기법은 태양광 인버터의 출력 전류를 일정 구간을 기준으로 하나의 주기(T^*)로 구성하고 첫 번째 주기(T_1)에서는 출력 전압과 동기 된 출력 전류의 주파수(f_1)를 일정 비율(α)로 증가시키고, 두 번째 주기(T_2)에는 일정 비율로 주파수(f_2)를 감소시킨다. 첫 번째 주기와 두 번째 주기를 제외한 나머지 주기(T_3)에서는 출력전류의 주파수(f_3)를 계통의 주파수(f^*)와 동기화 한다. 그림 2는 태양광 인버터의 출력 전류의 주기적 주기변동을 나타낸다.

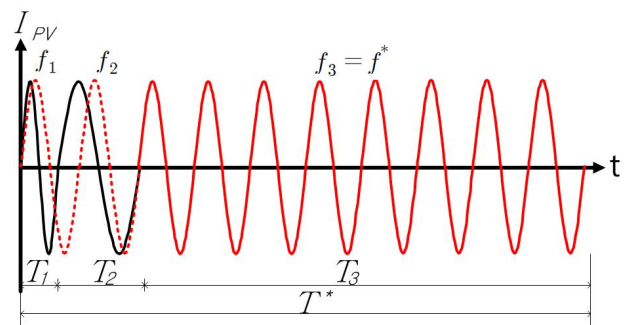


그림 1. 태양광 인버터 전류의 주기적 주기변동
Fig. 1 Period Variance of PV Inverter Currents

그림 1에서 표현된 주기적 주기변동을 정현파 형태의 수식으로 전개하면 식 1과 같다.

$$f(t) = \begin{cases} \sin((1+\alpha)t) & t \in T_1 \\ \sin((1-\alpha)t) & t \in T_2 \\ \sin(t) & t \in T_3 \end{cases} \quad (1)$$

주기적 주기변동 기법은 주파수가 변화하는 두 번의 주기 외에는 나머지 주기의 주파수가 계통과 동기화 되어 있기 때문에 역률이 1에 가깝다는 장점을 갖는다. 또한 구간의 변화에 따라 단독운전을 검출하는 시점을 조절가능 하여 국제 표준인 IEEE Standard 929-2000의 단독운전 검출 시간인 0.5초를 만족시킬 수 있고 안정적인 시스템이 필요할 경우 더 빠른 단독운전 검출이 가능하다.

전체 시뮬레이션 회로도에는 아래 그림 2와 같다.

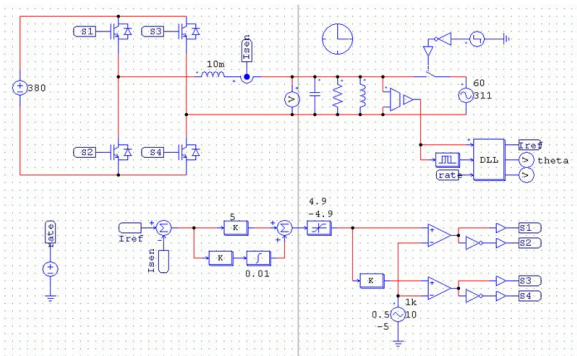


그림 2. 시뮬레이션 회로도
Fig. 2 Simulation Circuit

제안된 단독운전 검출 기법의 구현을 위해 영점검출방법 (Zero-Crossing Detection)을 이용하여 검출한 위상으로 주기적 주기변동 기법을 통해 기준전류를 생성한다. 그리고 인버터의 출력전류를 PI제어와 PWM제어를 통해 기준전류를 추종하도록 제어한다.^[5] 그림 3은 제시된 알고리즘의 흐름도이다.

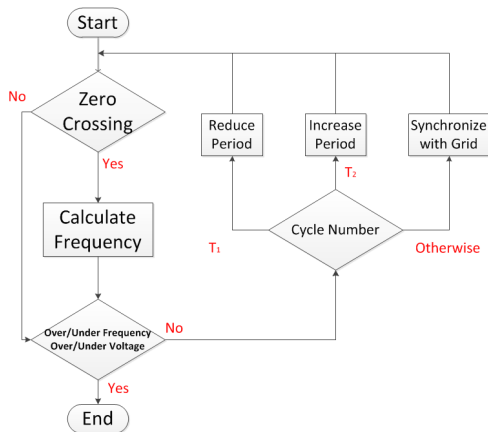


그림 3. 주기적 주기 변동방법의 흐름도
Fig. 3 Block Diagram of Period Variance

아래의 그림 3, 4는 주기적 주기변동 기법과 주파수변동 기법의 시뮬레이션 결과이다. 주파수변동 기법과 주기적 주기변동 기법의 역률 및 THD를 비교하였을 때, 주기적 주기변동 기법은 첫 번째 주기와 두 번째 주기를 제외한 구간에서는 계통과 동기되므로 주기적 주기변동 기법이 주파수변동 기법에 비해 역률이 향상되고 THD가 저감됨을 확인 할 수 있다.

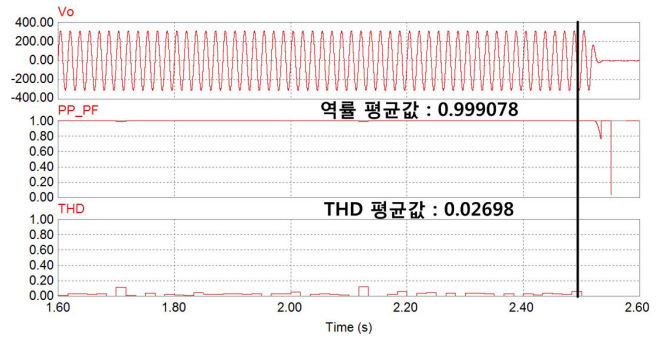


그림 4 주기적 주기변동 기법의 역률 및 THD 측정
Fig. 4 Power Factor and THD of Period Variance

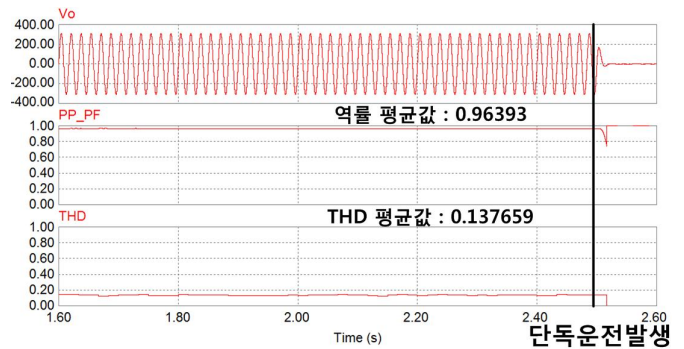


그림 5. 주파수변동 기법의 역률 및 THD 측정
Fig. 5 Power Factor and THD of AFD

4. 결 론

본 논문에서는 기존에 소개된 단독운전 검출 기법의 성능을 향상시키는 새로운 단독운전 방지 기법을 제안하였다. 국제 규격에서 요구되는 시간 내에 검출이 가능하며 정상상태로 출력이 될 때에는 계통과 완전히 동기 되어 높은 효율을 보인다. 또한 제안된 기법을 기존의 주파수변동 기법과 시뮬레이션 비교를 통해 제안된 기법의 우수성을 확인하였다.

참 고 문 헌

- [1] 윤중혁, 김홍근, 최중우, 유권중, "PV시스템의 계통연계를 위한 새로운 고립운전 방지 알고리즘", 대한전기학회 논문집, 2005.
- [2] IEEE Std. 929-2000, IEEE Recommended Practice for Utility Interface of Photovoltaic(PV) Systems, Sponsored by IEEE Standards coordinating Committee 21 on Photovoltaics, Published by IEEE, New York, NY, Apr. 2000.
- [3] G.A.Smith, P.A.Onions and D.G. Infield, "Predicting islanding operation of grid connected PV inverters", IEEE Proc-Electr. Jan 2000.
- [4] 고재석, 채영민, 강병희, 최규하, "고조파 주입에 의한 계통연계형 태양광발전시스템의 고립운전 검출", 전력전자학회 논문지, 2003.
- [5] 김용균, 최중우, 김홍근 "디지털 PLL 제어의 특성 분석" 전력전자학회 2003년 학술대회 논문집, pp.548-553 2003.7.