

주파수 변동에 따른 상관관계 기반의 단독운전 검출 기법

이종인*, 유병규*, 유권중*, 김흥근**
한국에너지기술연구원*, 경북대학교**

Study on a frequency drift anti-islanding method based on correlation technique

Jong-In Lee**, Byung-Gyu Yu*, Gwon-Jong Yu*, Heung-Geun Kim**
Korea Institute of Energy Research*, Kyung-Pook National University**

ABSTRACT

계통 연계형 시스템은 상용계통과 연계하여 운전되기 때문에 계통 보호 협조, 전력품질, 고조파 전류의 발생, 제어, 단독운전 검출 문제 등이 해결해야 할 문제들로 제기된다. 그 중에서 특히 단독운전 검출의 경우 필요성이 요구되면서 검출의 신뢰성이 보장되는 기법들에 대한 연구가 꾸준히 진행되고 있다. 본 논문에서는 이러한 단독운전 현상을 능동적 주파수 변동 기법에서 주파수의 변화량과 cf (chopping fraction)의 변화량으로 주파수 변동의 상관관계를 이용한 새로운 단독운전 검출 기법을 제안하고 시뮬레이션을 통하여 타당성 및 유효성을 검증하였다.

1. 서론

계통 연계형 시스템에서의 단독운전이란 상용계통이 정전으로 인해 배전계통과 차단된 경우 태양광발전시스템과 같은 분산전원이 하나의 독립된 배전계통을 구성하여 부하에 발전전력을 지속적으로 공급하고 있는 현상을 말한다. 이러한 단독운전 검출기법은 크게 수동적 기법과 능동적 기법으로 분류할 수 있다. 수동적 기법은 기본적으로 전압과 주파수 등 인버터의 제어에 필요한 시스템 파라미터를 이용하여 검출된 파라미터가 정상범위를 벗어나는 경우 단독운전을 판단하여 인버터를 정지시키는 방법이다. 그러나 인버터의 출력전력과 부하의 소모전력이 일치하는 경우에 단독운전 발생 시 전압 및 주파수의 변화가 매우 미소하므로 단독운전 검출이 실패할 확률이 높다. 이런 단점을 보완한 능동적 기법은 인버터의 출력전류에 임의의 외란을 인가하여 단독운전 발생 시 전압의 크기 또는 주파수의 변화를 유도하는 기법이다. 본 논문에서는 기존의 능동적 주파수 변동 기법의 단점을 보완 하기위해 cf 의 변화량과 주파수의 변화량의 상관관계를 이용한 단독운전 기법을 제안한다.

2. 제안하는 단독운전 검출 기법

2.1 기존의 능동적 주파수 변동 기법

능동적 주파수 변동기법(active frequency drift: AFD)이란 PV시스템에서 계통으로 공급하는 전류의 주파수를 정확히 계통전압의 주파수에 동기 시키는 것이 아니라 출력전류의 주파수를 계통전압의 주파수보다 빠르게 또는 느리게 바꾸어 단독운전 발생 시 계통전압의 주파수에 변화가 발생 하도록 하여 단독운전을 검출하는 기법이다. 그림 1은 능동적 주파수 변동

기법을 사용한 출력전류와 전압 파형이다. 여기서, T_{util} 은 계통전압의 한 주기의 시간을 나타내고, t_z 는 출력전류파형의 한 주기 동안에 전류가 0인 시간을 나타낸다.

$$cf = \frac{t_z}{T_{util}/2} \quad (1)$$

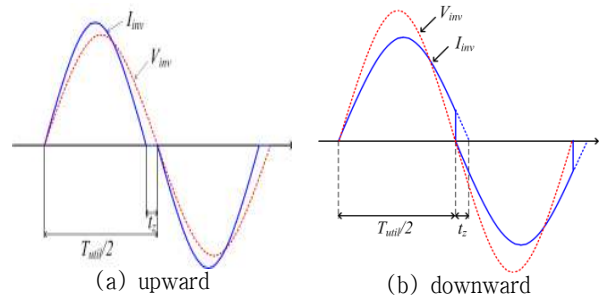


그림 1 능동적 주파수 변동 기법
Fig. 1 Active Frequency Drift(AFD) Method

이 기법은 출력전류에 왜곡을 인가함으로써 계통연계 시 cf 의 크기에 따라 출력 전류의 THD (total harmonic distortion)가 증가하게 된다. 국제 규격에 의하면 정격출력 시 출력전류의 THD는 5% 이내로 제한되기 때문에 인가할 수 있는 cf 의 크기는 제한적이다. 또한 단독운전 시 부하의 무효전력이 일정 크기로 고정된 cf 에 의하여 발생하는 무효전력과 지역부하가 상쇄되는 경우 주파수의 변동은 발생하지 않는다. 따라서 이 기법은 다른 능동적 기법에 비해 NDZ가 폭 넓게 존재하는 단점을 가지고 있다.^{[2][3]}

2.2 제안하는 단독운전 검출 기법

이와 같은 단점을 보완하기 위해 제안하는 새로운 단독운전 검출 기법은 cf 의 변화량과 주파수의 변화량의 상관관계를 이용한 단독운전 검출 기법이다. cf 의 변화량과 주파수의 변화량을 이용하여 correlation parameter를 계산하고 이 값을 단독운전 검출 판단 지표로 사용한다. 여기서 correlation parameter를 계산하는 식(2)와 같다.

$$cp[i] = \frac{1}{N} \sum_{k=i-N}^{i-1} \Delta freq[k] \times \Delta cf[k] \quad (2)$$

여기서 cp 는 correlation parameter, N 은 correlation parameter를 계산하는 계통 라인 주기수, $\Delta freq[k]$ 는

$\Delta freq[k] - \Delta freq[k-1]$, $\Delta cf[k]$ 는 $\Delta cf[k] - \Delta cf[k-1]$ 이다. 위와 같이 구현된 식을 통해서, 단독운전을 검출하는 기본 제어 블록은 그림 2와 같다.

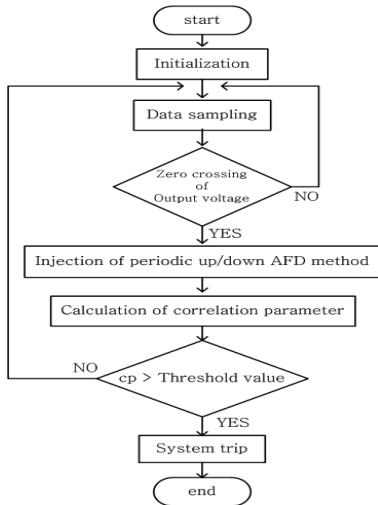


그림 2 제안하는 단독운전 검출기법의 흐름도
Fig. 2 Flow chart of the proposed islanding detection method

그림2에서 전압의 한 주기마다 AFD기법의 cf 를 +, -로 주기적으로 인가하여, 식(2)에서 계산되는 cp 를 가지고 단독운전을 판단하게 된다. 본 기법을 사용하면, 기존의 단방향(+) AFD기법에 비해서, 적은 양의 cf 주입을 통해서, 동일이상의 단독 운전 검출 성능을 구현할 수 있다. 이유는 기존의 AFD기법이 주파수 릴레이를 이용하여, 동작주파수가 주파수 릴레이 값(OFR:60.5[Hz], UFR:59.3[Hz])으로 도달하여야 정지하였지만, 본 제안하는 기법은 cp 를 통해서 보다 적은 외란 cf 를 통해, 단독운전을 검출 할 수 있다.

3. 시뮬레이션 및 결과

시뮬레이션을 위한 회로도 구성은 그림 3과 같다.

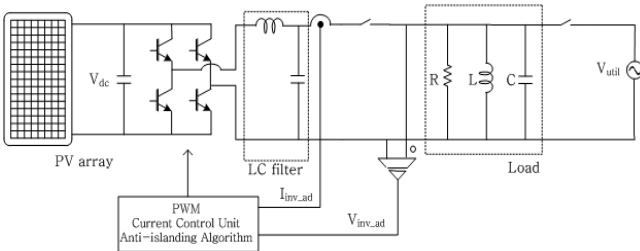
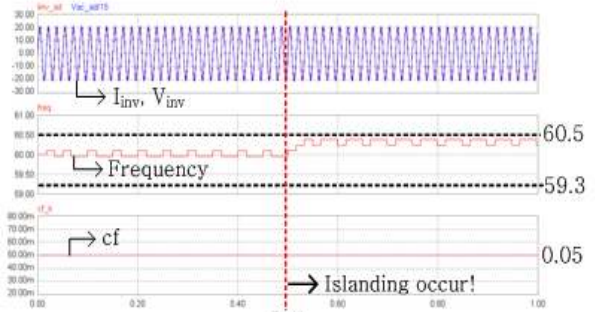


그림 3 시뮬레이션 회로
Fig. 3 Simulation circuit

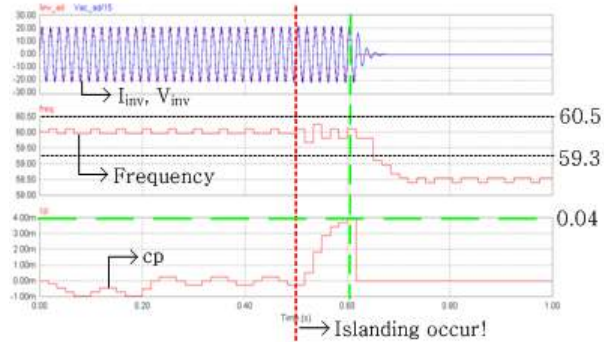
시뮬레이션 회로는 3[kW]로 구성하였으며, 계통 전압은 220[Vrms]/60[Hz]이다. Load에서 R은 16.133[Ω], L=16.85[mH], C=414.2[μF]으로써, 부하 공진지수(quality factor)는 2.5로 설정하고 검토하였다.

시뮬레이션 결과는 그림 4와 같다. 그림 4(a)는 0.5초에서 단독운전을 발생시켰을 때 능동적 주파수 변동기법에서는 단방향(+) 고정 cf 를 5% 줬지만, 단독운전을 검출하지 못했다. 하지만 제안하는 기법의 단독운전 검출 결과인 그림 4(b)를 보면, 0.5초 단독운전이 발생하기 전에는 상용계통 전압의 주파수가 cf 의 변화에도 불구하고 변동이 없어 cp 가 거의 영으로

나오고, 0.5초 이후 단독운전 발생 후에는 cf 의 변동에 따라 인버터 출력 전압의 주파수가 달라지게 되어 cp 가 증가하기 시작한다. 이 cp 는 증가하기 시작하다가 설정 값 0.4에 도달하여, 0.075초 만에 단독운전을 검출하여 인버터가 정지하게 된다.



(a)기존의 능동적 주파수 변동기법 ($cf=5\%$)



(b)제안하는 단독운전 검출기법 ($cf=\pm 1\%$)

그림 4 시뮬레이션 결과
Fig. 4 Simulation result

4. 결론

시뮬레이션을 통하여 기존의 능동적 주파수 변동기법에 비해 제안하는 검출기법은 correlation parameter를 이용하여 단독운전을 검출하는 방식으로, cf 를 작게 해도 검출 할 수 있음을 확인했다. 이는 cf 의 크기가 감소함에 따라 출력전류의 THD 또한 감소하게 되므로 전력품질이 좋아지게 된다.

이 논문은 2010년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지기술연구원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (No. 2009T100200094)

참고 문헌

- [1] B.Yu, G. Yu, and M. Matsui, " A review of current anti-islanding methods for Photovoltaic power system", in proc.2008 Korea-Japan Joint Technical Workshop on semiconductor power converter, pp. 1-5, sept.2008
- [2] F.mango, M.Liserre, A. Aquila, and A. Pigazo, "Overview of anti-islanding algorithms for PV system. Part I :Passive Methods," EPE-PEMC, pp.1878-1883,2006
- [3] F.mango, M.Liserre, A. Aquila, and A. Pigazo, "Overview of anti-islanding algorithms for PV system. Part I :Active Methods," EPE-PEMC, pp.1884-1889,2006