

PMSG 기반 풍력발전 시스템 계통연계 인버터의 새로운 단독운전방지 기법

강성욱, 김경화*
서울과학기술대학교

A Novel Anti-islanding Method of a Grid-connected Inverter for a PMSG-based Wind Power Generation System

Sung Wook Kang, Kyeong Hwa Kim
Seoul National University of Science and Technology

ABSTRACT

풍력발전과 같은 분산전원이 계통에 연계되어 운전될 경우, 계통연계 규정에 따라 운전해야 한다. 특히 계통사고에 의해 계통과 분리되었음에도 불구하고, 지속적으로 운전하는 것을 단독운전이라 한다. 이러한 단독운전은 전기설비의 손상을 일으킬 수 있으므로 계통연계 규정에 따라 이를 빠르고 정확하게 검출하여야 한다. 본 논문에서는 이러한 단독운전을 검출하기 위해서 NDZ(Non Detecton Zone)를 갖지 않는 고조파 주입 기법의 새로운 고조파 계산 및 검출 알고리즘 제안한다.

1. 서론

화석연료의 고갈과 지구온난화로 인해 신재생에너지의 수요가 점점 증가하고 있다. 현재 풍력에너지는 높은 효율로 주목받고 있으며, 최근에는 계통연계 인버터를 이용한 가변속 PMSG(Permanent Magnet Synchronous Generator)기반의 풍력발전시스템이 주로 사용되고 있다.

풍력발전과 같은 분산전원이 계통에 연계될 경우, 계통연계 규정에 따라 운전해야 하며, 이러한 계통연계 규정은 전압과 주파수의 동작범위, 고조파 제한, 역률과 같은 전력품질과 단독운전방지와 같은 보호기법을 요구하고 있다. 일반적으로 단독운전이 발생하면, 계통연계 인버터를 정지하여 선로 유지 보수자의 안전사고를 방지하고, 계통연계에 의한 전기설비의 손상을 방지하기 위해 인버터를 정지시켜야 한다. 그러나 분산전원이 중요부하를 갖고 있는 경우, 독립운전 모드로 전환하여 지속적으로 중요부하에 전력을 공급할 수 있어야 한다. 최근에 고조파 주입방법을 이용하여 단독운전을 검출하고, 과도상태 없이 독립운전 모드로 전환할 수 있는 기존의 간접전류 제어기법이 제안된 바 있다^[1].

본 논문에서는 중요부하를 갖는 계통연계 인버터의 단독운전 발생시, NDZ를 갖지 않는 기존의 제안된 고조파 주입 기법의 새로운 고조파 검출 알고리즘을 제안 하고, NDZ를 갖는 수동 전압/주파수 검출기법과 비교하여 신뢰성을 검증한다.

2. 수동검출 기법과 NDZ

계통의 사고 등의 이유로 인해, 계통과 분리되면 더 이상 계통으로 전력을 공급하거나 반대로 공급받을 수 없게 된다. 따라서 부하전력의 변화가 생기는데 이러한 전력의 변화가 전압의 크기, 주파수, 고조파와 같은 시스템의 파라미터에 영향을 미치게 된다. 이러한 파라미터의 변화를 감지하여 단독운전을 검출하는 기법을 수동검출 기법이라 한다. 수동 전압/주파수 검출기법(OUV/OUF Method)^[2]은 계통전압의 크기와 주파수가 계통의 허용범위를 벗어나는 경우 이를 이용하여 단독운전을 검출하게 된다. 그러나 단독운전이 발생했음에도 불구하고, 전압과 주파수가 허용범위 내에 유지된다면 단독운전을 검출할 수 없다. 따라서 이러한 계통의 전압과 주파수의 허용범위를 검출불능영역(NDZ)이라 한다.

3. 제안하는 고조파 검출 알고리즘

능동검출 기법은 인버터 출력에 인위적인 외란(Disturbance)을 주입하여 계통과 분리되면 나타나는 파라미터의 변화를 검출하는 기법이다^[3]. 이러한 능동검출 기법은 NDZ를 줄이거나 없앨 수 있는 장점이 있다.

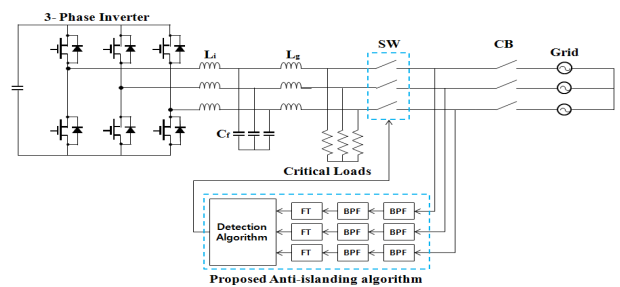


그림 1 계통연계 인버터 시스템의 구성과 검출 알고리즘

그림 1은 중요부하를 갖는 계통연계 인버터 시스템의 구성 및 검출 알고리즘이다. 검출 알고리즘에 의해 단독운전이 판정되면, Switch(SW)를 작동시켜 독립운전 모드로 전환하여 운전된다. 계통 측 전단에서 센싱한 3상 계통 전압을 2단의 대역통과 필터(Band Pass Filter; BPF)를 직렬 연결함으로써 3상에 존재하는 7고조파 성분의 크기를 정확히 추출할 수 있다. Center Frequency는 계통 주파수의 7배인 420[Hz]로 설정되며 대역폭은 20Hz로 선정된다. 이를 통해 7고조파 성분의 크기 감소 없이 기본과 성분을 완전히 제거할 수 있다. 필터링한 3상

* 교신저자

전압은 7고조파 성분만을 포함하게 되며 식 (1), (2), 및 (3)식을 통해 Fourier Transform(FT) 하여 3상 계통전압의 7차 고조파의 크기를 계산할 수 있다. 신속한 계산을 위해 7고조파를 1주기로 설정하여 기본파를 1주기로 설정했을 때 와 비교하여 시간을 1/7만큼 계산시간을 단축시켰다.

$$a_n = \frac{7}{T} \int_0^{\frac{T}{7}} V_{g(7th)} \cos(7\omega t) dt \quad (1)$$

$$b_n = \frac{7}{T} \int_0^{\frac{T}{7}} V_{g(7th)} \sin(7\omega t) dt \quad (2)$$

$$|V_{g(7th)}| = \sqrt{a_n^2 + b_n^2} \quad (3)$$

그림 2는 제안하는 고조파 검출 알고리즘의 흐름도이다. 신속한 검출을 위해 각상의 고조파의 크기를 비교하여, 가장 큰 7고조파 전압의 크기를 V_{max}^{7th} 로 설정하였다. 구해진 V_{max}^{7th} 는 설정한 고조파의 크기 $V_{threshold}^{7th}$ 와 비교되어 이 값보다 큰 구간의 시간(T)이 측정 된다. 계통연계 모드에서 일시적인 고조파의 발생에 의한 오동작을 줄이기 위해서 검출확정 시간(T Confirmed: T C)을 설정하여, 검출확정 시간 이상 검출 될 경우 단독운전을 확정하고 독립운전모드로 전환하는 알고리즘을 구현하였다.

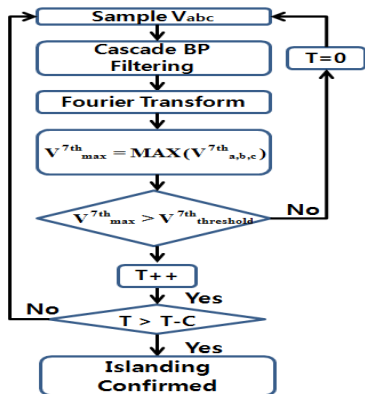


그림 2 제안하는 FT를 이용한 고조파 검출 알고리즘

4. 시뮬레이션 결과

제안하는 고조파 검출 알고리즘의 검증을 위해 IEEE 929 2000^[4] 규정에 따라 수동 전압/주파수 검출기법의 NDZ를 설정하였다. 단독운전 발생시점은 0.3[s]이며, 검출확정 시간은 20[ms]로 설정하였다. 그림 3은 고조파 주입 기법을 적용하지 않은 시스템의 결과이다. 단독운전이 발생했음에도 불구하고, 전압과 주파수의 변화가 NDZ 안에 존재하여 수동 전압/주파수 검출 기법으로는 단독운전을 검출할 수 없음을 알 수 있다.

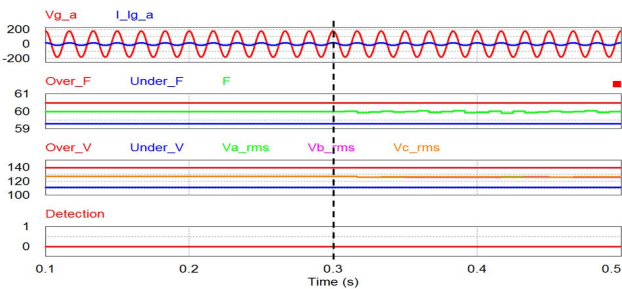


그림 3 수동 전압/주파수 검출 기법의 시뮬레이션 결과
그림 4는 고조파 주입 기법의 제안한 고조파 검출 알고리즘을 적용한 결과이다. 계통전압의 4[%]의 7차 고조파를 주입하였고, 0.3[s]에서 계통과 분리시켜 단독운전을 발생 시켰다. 이때, 계통전압의 고조파가 증가하며, 이를 제안한 알고리즘으로 검출하면, 단독운전 확정 및 독립운전 모드로의 전환은 단독운전 발생 후, 39.2[ms]만에 완료 되었다. 검출확정시간을 제외하면 단독운전 발생 후, 19.2[ms]만에 검출이 완료 되었다고 볼 수 있다.

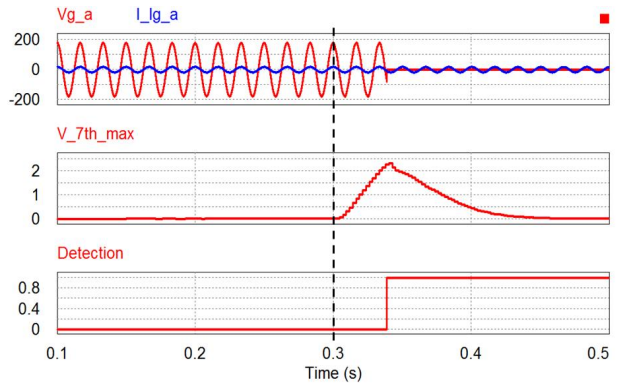


그림 4 새로운 고조파 검출 알고리즘을 적용한 시뮬레이션 결과

5. 결론

본 논문에서는 중요부하를 갖는 계통연계 인버터의 신뢰성을 향상시키기 위해, 대표적인 능동검출 기법의 하나인 고조파 검출기법의 새로운 고조파 검출 알고리즘을 제안 하였다. 이를 수동 전압/주파수 검출기법과 비교하여, NDZ를 갖지 않고, 정확하고 신속하게 단독운전을 검출할 수 있음을 확인하였다. 또한, 독립운전 모드로 전환하여 중요부하에 지속적인 전력을 공급할 수 있음을 시뮬레이션을 통해 검증하였다.

이 논문은 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업 지원을 받아 수행된 것임 (2012R1A1A2042759)

참고 문헌

- [1] 오형민, 최세완, 김태희, 이기풍, 이태원 “중요부하를 갖는 계통연계형 인버터의 고조파주입에 의한 단독운전방지 기법”, 전력전자학회논문지, Vol. 17, No. 4, p315~321 August 2012
- [2] F. D. Mango, M. Liserre, A. Dell’Aquila, A. Pigazo, “Overview of Anti Islanding Algorithms for PV Systems. Part I: Passive Methods,” Power Electronics and Motion Control Conf., pp. 1878 1883, 2006.
- [3] F. D. Mango, M. Liserre, A. Dell’Aquila, “Overview of Anti Islanding Algorithms for PV Systems. Part II: Active Methods,” Power Electronics and Motion Control Conf., pp. 1884 1889, 2006.
- [4] IEEE Std 929 2000, IEEE Recommended Practice for Utility Interface of Photovoltaic (PV) Systems, Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc., New York, NY.