

단독운전 검출을 위한 개선된 AFD 기법 (The improved AFD method for islanding detection)

고근택

451-862 경기도 평택시 진위면 청호리 진위산업단지
동양이엔피 전원연구소

요약

계통 연계형 인버터는 규정 시간 내에 반드시 단독운전 상황을 검출해야 한다. 계통 사고로 인해 계통전력이 차단 되면 인버터가 이 상황을 제대로 감지하지 못 해 계통에 연결된 인버터가 계속 동작을 하게 된다면 위험한 상황을 초래하게 될 수도 있다. 이로 인해 계통연계형 인버터는 규정 시간 내에 계통이 이상을 감지하고 인버터의 동작을 멈추어야 한다. 이런 단독운전 상황을 방지하기 위해 본 논문에서 제시하는 알고리즘은 구현 자체가 간단하지만 기존의 알고리즘으로는 검출할 수 없었던 영역을 검출할 수 있고, 검출 속도 또한 개선을 했다. 실험 결과를 통해 알고리즘의 타당성을 검증하였다.

1. 서론

계통 연계형 인버터의 인증 항목 중에 하나인 단독운전 방지 기능은 상용계통의 이상으로 차단 되었을 경우, 이를 감지하고 안전하게 규정 시간 내에 정지하는 기능을 의미한다. 일반적으로 상용계통이 차단 되는 경우 인버터는 계통 저전압을 감지하게 되고 인버터는 동작을 바로 멈추게 된다. 하지만 인버터의 생산전력과 인버터와 병렬로 연결된 부하의 전력 소모량이 같은 경우, 계통의 전압과 주파수는 정상치를 유지하게 되는 현상이 발생하는데 이런 현상을 단독 운전 상황이라 한다. 이런 상황 하에서는 인버터는 계통이 정상적인 상황으로 판단하게 되어 계속 전력을 계통으로 밀어 넣게 되고, 계통 보수가 이루어지는 상황이라면 인명의 피해가 발생할 수 있으며, 계통이 다시 정상적으로 전력을 공급하는 상황이 되면 계통과 인버터간의 주파수가 맞지 않아 위험한 상황을 초래 할 수도 있게 된다.

이러한 문제를 해결하고자 수동적 혹은 능동적 단독운전 검출 기법을 사용하게 된다. 그러나 수동적 검출 기법인 경우 단독운전 불검출 영역(Non-Detection Zone)이 너무 넓어 능동적 단독 운전 검출 기법을 추가적으로 사용하고 있다. 하지만 능동적 검출 기법을 사용하더라도 여전히 불검출 영역의 존재로 인해 규정 시간 내에 인버터를 멈추게 하는 것은 그리 쉬운 일은 아니다. 본 논문에서는 계통의 다양한 조건에도 불구하고 이런 불검출영역을 줄이고, 기존 알고리즘 보다 검출 속도 또한 향상 시켜 단독운전으로 발생할 수 있는 대형 사고를 방지할 수 있는 알고리즘을 제시하고 실제 제시하는 알고리즘을 3kW 계통연계형 인버터에 적용하여 실험을 실시하여 제시하는 알고리즘의 타당성을 검증하였다.

2. 제안하는 능동적 단독운전 검출 기법

2.1 기존 알고리즘

일반적인 능동적 주파수 변동 기법(Active Frequency Drift)은 계통으로 유입되는 전류에 왜곡된 성분을 실어 계통의 주파수를 규칙적으로 흔들어서 계통의 주파수의 변화가 규정치 이상이면 단독운전으로 판별하여 인버터의 동작을 멈추게 하는 방식이다.

이 방식은 쉽게 구현이 가능하다는 장점이 있지만, 계통으로 유입되는 전류의 파형을 의도적으로 왜곡을 시켜야 하므로 계통 유입 전류의 THD가 안 좋고, 단독 운전 불검출 영역이 크고 검출 속도 또한 느린 단점이 있다.

2.2 제안하는 알고리즘

본 논문에서 제시하는 알고리즘은 기존의 AFD 기법이 갖고 있는 2가지 단점을 대폭 개선 했다.

계통으로 유입되는 전류의 왜곡 성분을 줄이면서도 불검출 영역을 획기적으로 줄였을 뿐만 아니라, 단독 운전 검출 속도 또한 향상 시켰다.

계통이 정상적인 상황이어도 AFD 방식에서는 단독 운전 상황을 판별하기 위해 계통으로 유입되는 전류에 임의로 왜란 성분을 넣어야 하므로, 이 왜란 성분은 계통으로 유입되는 전류의 THD에 악 영향을 주게 된다. 주입 되는 왜란 성분의 양에 따라 단독운전 검출 범위와 속도는 THD와는 반비례 관계가 성립하므로 일반적으로 실험을 통해 이 양을 결정하게 된다.

본 논문에서 제시하는 방법은 단독운전 상황이 발생하게 되면 계통으로 유입되는 전류의 주파수가 급격하게 변동하므로 신속하게 단독운전 상황을 검출 할 수 있지만, 계통의 정상적이면 Δk 가 초기화 되어 계통 주파수와 추종 주파수가 차이가 거의 없게 되어 계통으로 유입되는 전류의 THD에는 영향을 거의 주지 않는 구조로 이루어졌다.

제시하는 단독 운전 검출 알고리즘의 블록도는 그림 2-1과 같다. 초기 Δk 값을 미소량 증가 시키고, 이 때의 계통 주파수의 변화를 관찰한다. 계통 주파수의 변화가 없다면 k 값은 초기값으로 돌아 간다. 그러나 변화가 발생했다면 그 변화가 과주파수 혹은 저주파수 영역에 해당 된다면 바로 인버터를 정지 시키고 그렇지 않다면 다시 k 값을 미소량 변화 시킨 후에 계통 주파수의 변화 추이를 관찰하게 된다.

단독 운전 상황이 발생하면 Δk 값이 급속한 증가로 계통의 주파수 변화가 빨리 진행되지만, 계통이

정상적이라면 Δk 값이 항상 초기화 되기 때문에 계통으로 유입되는 전류의 THD에는 영향을 덜 주게 되는 구조이다. 계통 주파수 변화의 감지는 최대 변화량과 최소 변화량을 동시에 감지하므로 계통 주파수 이상 변화를 좀 더 빨리 감지 할 수 있다.

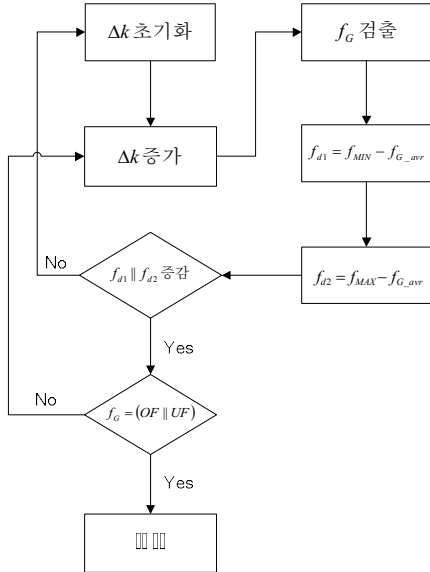


그림 2-1 제안하는 알고리즘 블록도

3. 실험 결과

3.1 실험 방법

제한한 알고리즘을 검증하고자 아래와 같은 3kW 계통 연계형 태양광 인버터와 부하를 설치하고, 먼저 기존 알고리즘에서 검출 할 수 없는 단독운전 조건을 찾아낸다. 그리고 기존 알고리즘으로 검출 할 수 없는 부하 조건에서 새로운 알고리즘 적용시 규정 시간 내에 판별이 가능한지를 확인 하였다.

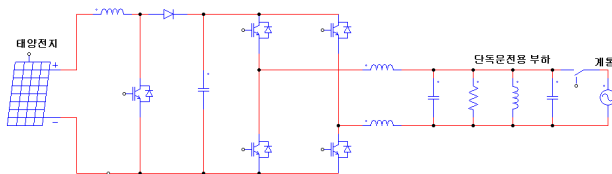


그림 3-1 실험에 적용한 회로 블록도

3.2 결과 파형

정격 부하의 20% 이상에서는 2개의 알고리즘의 검출 속도에는 차이가 발생했지만, 모두 규정 시간 이내에 판별을 하였다. 그러나 정격 부하의 약 15% 조건에서는 2개의 알고리즘 모두 단독운전 상황을 검출하지만, 검출 속도의 차이가 확연하게 발생하기 시작을 했다.

그림3-2에서 보여주는 것처럼 기존 알고리즘의 단독운전 상황 검출 시간은 1.5초나 소요 되었지만, 그림3-3에서 보여주는 것처럼 같은 조건에서 개선된 알고리즘은 0.3초 이내에 판별을 함으로써 기존 알고리즘 대비 5배 이상의 검출 속도가 향상 되었음을 실험적으로 확인할 수 있었다.

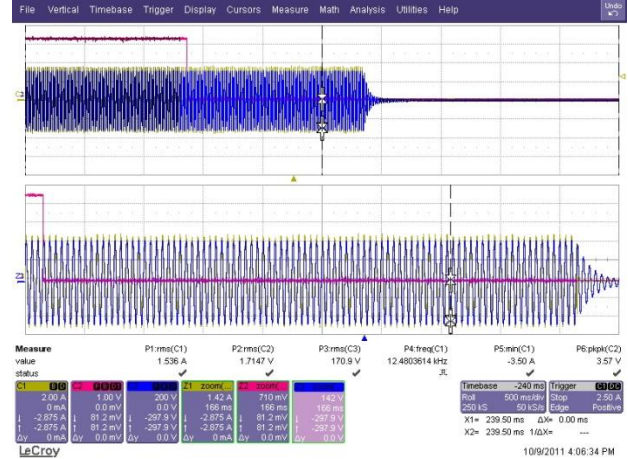


그림 3-2 기존 알고리즘 적용시 단독운전 검출 속도

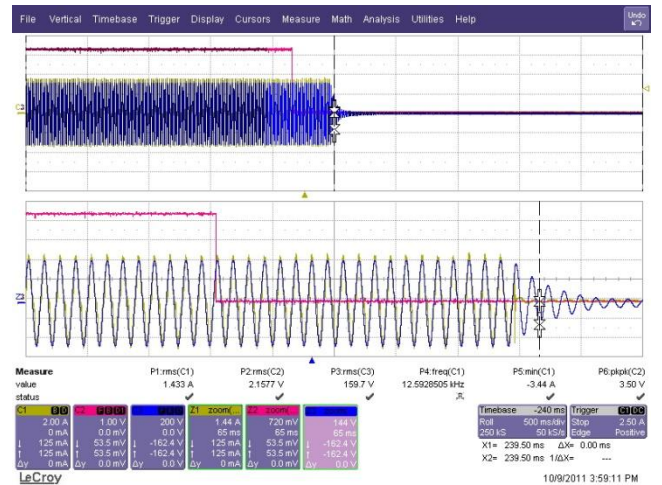


그림 3-3 개선된 알고리즘 적용시 단독운전 검출 속도

4. 결론

단독운전 상황의 검출을 위해 기존의 일반적인 AFD 방식은 계통으로 유입되는 전류의 주파수에 왜란을 삽입하는 방법을 이용해 검출을 하므로 불검출 영역을 줄이고, 규정 시간 내에 검출을 하기 위해서는 어쩔 수 없이 계통으로 유입되는 전류에 많은 왜란을 주입하게 된다. 이로 인해 THD가 안 좋아지는 경향이 있다. 또한 주입되는 왜란의 양에 의해 검출되는 속도 또한 영향을 받는다.

본 논문에서 제시한 검출 방법은 기존의 단순한 제어 방식을 그대로 수용하므로 구현 자체는 쉽지만, 단독운전 상황을 검출하기 위해 계통으로 유입되는 왜란의 양을 줄이면서도 불검출 영역의 축소와 빠른 검출을 보장할 뿐만 아니라 THD가 많이 개선 되는 효과를 얻을 수 있었다.

참고문헌

- [1] 김운서, "계통연계형 태양광 발전 시스템에서 출력전류 고조파 저감에 대한 연구", 박사학위논문, 2009.
- [2] 산업자원부, "계통연계형 태양광 발전시스템의 인버터 최적설계 및 실증연구", 최종보고서, 2004.