

# 이산 웨이블릿을 이용한 태양광발전시스템의 단독운전 검출

구자경, 서동우, 김일송  
한국교통대학교

## Islanding Detection technique using DWT in the PV system

Koo Ja Kyeong, Seo Dong Woo, Kim Il Song  
Korea National University of Transportation

### ABSTRACT

In this paper, discrete wavelet transform using a PV system covers how the detection of a islanding. Connection point occur exclusively in Grid when the grid voltage and current operation of the wavelet coefficients by changing features will determine if islanding operation. The proposed method has simple computation and fast decision time has the advantage. DSP based controller through the experiment proved the validity of the proposed method.

### 1. 서론

최근 산업의 발전과 생활수준의 향상으로 전력 수요량이 지속적으로 증대되고 있다. 그리고 자원의 고갈과 환경문제 등을 고려하여 태양광 발전, 풍력 발전, 연료전지 등 신재생에너지 분산발전시스템이 널리 보급되고 있는 추세이다. 그러나 이런 분산 발전시스템은 배전계통에 직접 연계되어 운전하는데 계통의 전력품질과 안전 등에 영향을 주게 된다. 그중 가장 많은 관심을 받고 있는 것이 단독운전 현상이다. 배전계통 측의 전원이 상실된 경우 배전선로상의 부하와 분산형전원의 출력이 어느 정도 평형을 유지한 상태라면 분산형전원이 부하에 전력을 공급하는 상태가 계속되는데 이를 단독운전(Islanding)상태라고 한다. 이러한 단독운전 현상으로 인해 발생하는 문제점은 다음과 같다. 첫 번째 차단기 하위 계통은 전원이 없는 것으로 인식하여 선로관리 엔지니어의 안전사고를 유발할 수 있고, 두 번째, 상용계통과 같은 전압제어의 불가능으로 인한 단독운전시 전력품질의 저하와 세 번째로 계통 위상 정보의 상실로 인한 위상 동기화 불가능하여 Recloser 재투입시 out of phase로 인한 단락사고가 발생할 수 있다.

현재까지 개발된 단독운전 방지기법에는 수동적기법(Passive method)과 능동적기법(Active method) 두가지 방법이 있다. 수동적 단독운전 검출기법은 출력매개 변수(전압, 주파수, 위상 등)를 모니터링하는 방식인데 추가적인 제어회로가 불필요하고 전력품질에 영향이 없는 대신 단점으로는 검출이 불가능한 영역인 광범위한 NDZ가 존재한다. 능동적기법은 태양광 인버터에서 전류의 주파수, 위상 크기등을 변동시켜 정전시 전압의 주파수, 전압의 변화를 통해 단독운전을 검출하는 방식이다. 능동적검출은 고조파의 발생과 역률 저감등으로 인해 전력품질이

떨어지는 단점이 있다.<sup>[1]</sup>

본논문에서는 기존의 연구와는 다르게 접근하여 태양광 발전시스템의 단독운전을 검출하는 방법에 대해 연구하였다. 비검출 영역에서도 단독운전의 검출이 가능하게 Wavelet 변환을 사용하여 Wavelet계수들의 값이 변화하는 것을 통해 태양광 발전의 단독운전을 검출하는 방법에 대해서 알 수 있었다. Wavelet의 이론 소개와 DSP제어기를 이용한 실험으로 본연구의 타당성을 입증하였다.

### 2. 본론

#### 1. 기존의 수동적 검출기법

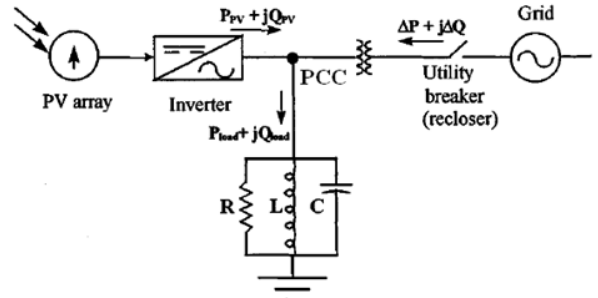


그림 1 계통 연계형 태양광 시스템의 구성도

Fig. 1 Diagram of grid-connected photovoltaic systems

계통 연계형 태양광 발전 시스템에서 수동적 검출기법은 그림1에서와 같이 Reclosure가 개방하면 단독운전이 발생하게 된다. 이때 수동적 단독운전 검출기법은 태양광 발전전력과 R,L,C 지역부하의 소모 전력에 차이가 생기면 태양광 인버터의 출력 매개 변수가 변하는 사실에 기반을 두고 있으며 상시 계측되는 태양광 인버터의 출력매개변수가 일정 값을 넘어가게 되면 단독운전이라고 판단하는 기법이다.<sup>[1]</sup>

#### 2. 비검출영역(Non Detection Zone)

분산전원과 부하의 유효전력이 같고, 무효전력 역시 각각 같을 때 계통이 분리되어도 인버터에선 전압과 주파수가 똑같이 출력된다. 이때는 계통의 분리를 검출하지 못하고 운전을 계속하여 단독운전을 일으키게 된다. 이러한 비검출영역을 최소화하고자 하는 새로운 검출 방식이 연구되고 있다.

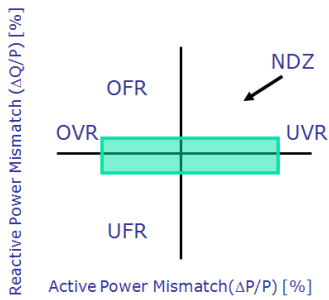


그림 2 단독운전 비검출 영역(NDZ)  
Fig. 2 Non Detection Zone

### 3. 이산 Wavelet 변환의 다중해상도 분석

이산 웨이블릿 변환란 연속 웨이블릿 변환에서 사용된 웨이블릿을 이분 구간으로 나누어 샘플링해 직교 웨이블릿을 구성하는데 이것을 이용한 변환이다.

그리고 다중해상도 분석을 이용하여 원래의 신호를 저주파 필터와 고주파 필터를 이용하여 그림3과 같이 원신호(Original signal)을 저주파수 영역의 Approximation 성분과 고주파수 영역의 Detail 성분으로 분해할 수 있다.[2]

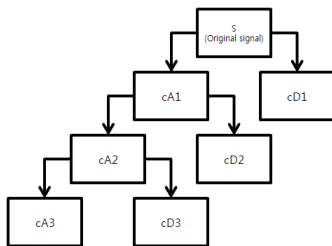


그림 3 다중해상도 분석  
Fig. 3 Multiple-Level Decomposition

### 3. 실험 및 결과

#### 3.1 시스템 구성 및 실험

실험을 위해 다음과 같이 시스템을 구성하였다. 주제어기로 TI사의 TMS320F28335를 사용하였고, 3상인버터 출력점과 계통이 접속되는 연계점에 R,L,C지역 부하를 연결했다. 그리고 계통의 전원의 개방 전후 wavelet계수의 변화를 관찰하였다.

#### 3.2 실험 결과 및 분석

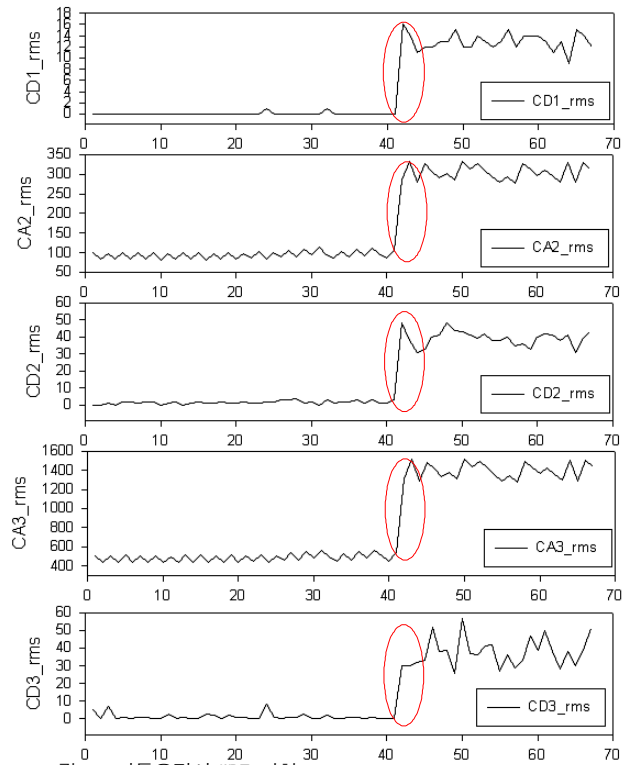
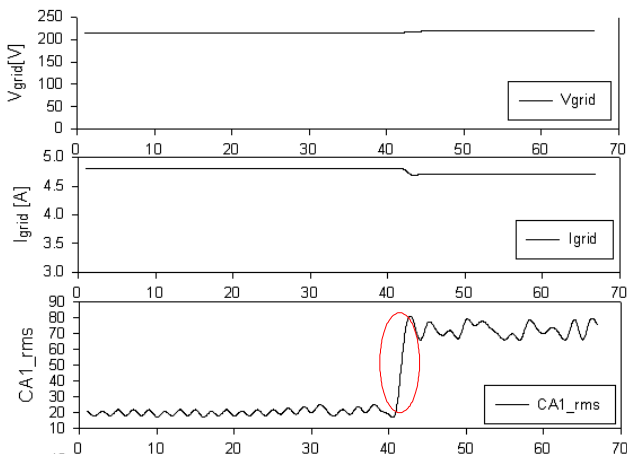


그림 4 단독운전시 WDT 파형  
Fig. 4 WDT Waveform in Islanding

실험을 통해 얻은 파형을 통해 알 수 있듯이 계통전압과 전류의 변화로 단독운전을 검출하기에는 변화가 너무 미비하여 확인이 불가능 했다. 하지만 이산웨이블릿 변환(DWT)을 이용하여 얻은 파형으로는 육안으로 확인이 가능한 변화를 볼 수 있었다.

### 4. 결론

신재생 에너지와 분산전원의 필요성이 늘어남에 따라 태양광 발전 시스템에 대한 보급이 늘어나고 계통과 연계형 태양광 발전 시스템의 단독운전(Islanding)에 대한 관심이 늘어나고 있다. 본 논문에서는 계통연계 운전시 비검출영역(NDZ)에서도 단독운전을 검출하는 방법에 대해 연구하였다. 그리고 이산 웨이블릿 변환(DWT)을 통해 단독운전 상태의 감지가 어려운 비검출 영역에서 웨이블릿 계수의 변화를 통해 단독운전 검출의 가능성을 제시된 실험결과를 통해서 알 수 있었다.

이 논문은 한국교통대학교의 연구비 지원에 의하여 연구되었음

### 참고 문헌

- [1] 유병규, 유권중 “태양광발전시스템을 위한 단독운전 검출기법” 전력전자학회지, 제 15권 제 3호 pp.30 34, 2010년 6월
- [2] 이정은, 김일송 “웨이블릿 변환을 이용한 태양광 발전시스템의 고장진단에 관한 연구” 전력전자학회지, pp. 79 87 제 16권 제 1호 2011년 2월