

# 태양광전원이 연계된 배전계통의 양방향 구간개폐기의 최적 운용 알고리즘 개발

김병기\*, 노대석\*

\*한국기술교육대학교

e-mail : dsrho@kut.ac.kr

## Optimal Operation Algorithm for Bi-directional Sectonalizer in Distribution System with PV Systems

Byeong-Gi Kim\*, Dae-Seok Rho\*

Korea University of Technology and Education\*

### 요 약

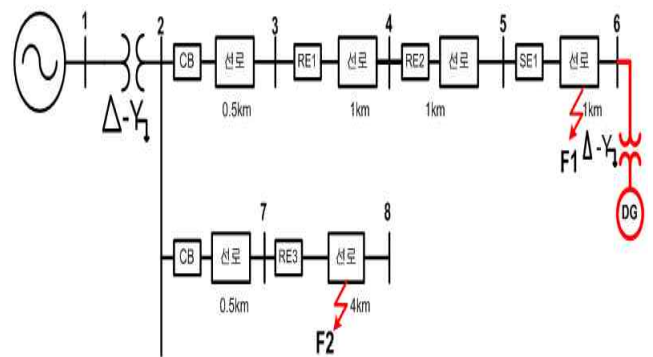
최근 국가차원의 녹색성장정책에 의하여 대규모의 태양광발전 단지 뿐만 아니라 소규모의 태양광전원이 수용가설비(배전계통)에 연계되어 운용되고 있는 실정이다. 그러나 현재의 수용가내 보호시스템의 기본적 조류는 상위계통에서 하위의 수용가로 한 방향으로 전력조류가 흐르고 있다는 것을 상정하고 있다. 이런 상황에서 수용가 측에 설치되어 있는 분산전원이 연계되면 역방향의 전력조류도 발생하므로 기존의 제어·보호 시스템으로 해결할 수 없는 상황이 발생하여 새로운 보호협조에 관한 연구가 요구된다. 특히 새로운 보호시스템 구축에 중요한 요소인 양방향 구간개폐기의 개발이 필수적이다. 따라서 본 논문에서는 먼저 태양광전원이 배전계통에 연계되어 운용되는 경우, 기존의 구간개폐기의 문제점을 분석하고, 이를 해결할 수 있는 양방향 구간개폐기의 알고리즘을 제시한다.

### 1. 서론

기존의 단방향 구간개폐기는 자체적으로 고장을 차단하는 능력이 없으며, 일반적으로 후비 보호장치인 리클로저(Re-closer)와 함께 쓰인다. 리클로저의 최소 차단정격의 80[%]의 과전류가 흐르면 구간 개폐기는 계수를 행할 준비를 하고 리클로저의 동작에 의해 선로가 무전압 상태가 되면 이를 감지하여 계수한다. 무전압 상태의 횃수를 일정 시간동안 기억하고 있으며, 미리 정해놓은 횃수에 도달하면 선로의 무전압 상태에서 선로를 개방하여 고장 구간을 분리시킨다. 하지만 분산전원이 리클로저와 구간개폐기 사이에 연계 되고 고장이 구간개폐기 이후에 발생하거나 분산전원이 구간개폐기 이후에 연계되고 고장이 리클로저와 구간개폐기 사이에 발생 하였을 경우 리클로저에 의해 선로가 차단되더라도 분산전원의 단독운전에 의해 선로 무전압 상태를 감지하는 구간개폐기의 오동작, 즉 리클로저 동작 횃수의 카운트에 실패하여 선로를 차단할 수 없는 경우가 발생 할 수 있다.

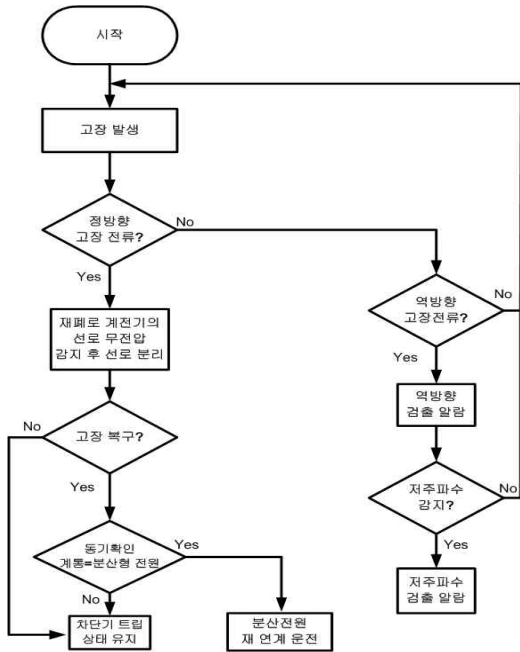
배전계통에 분산전원 연계 시, 기존 구간개폐기의

보호협조의 문제점은 그림 1을 통하여 나타낼 수 있다. 즉, 단방향 보호요소를 가지고 있는 기존의 구간개폐기는 후비 보호기기인 리클로저 RE2의 동작에 의해 선로가 무전압을 감지하여 고장구간을 분리하도록 셋팅되어 있는데 분산전원 연계시 주 전원측의 고장전류로 인하여 후비 보호기기인 리클로저의 동작을 구간개폐기가 카운트하여 선로를 분리하려다가 분산전원 측의 전압을 감지하여 오동작을 할 수 있다.



[그림 1] 구간개폐기 보호협조 개념도

따라서 상기의 경우 리클로저에 의해 선로가 재투입 되었을 때, 분산전원의 단독 운전뿐만 아니라 배전계통과 분산전원의 비동기 투입에 의하여 악영향이 발생할 수도 있다. 이에 대한 대책으로서 역조류를 고려한 구간개폐기의 개발이 필요하다.



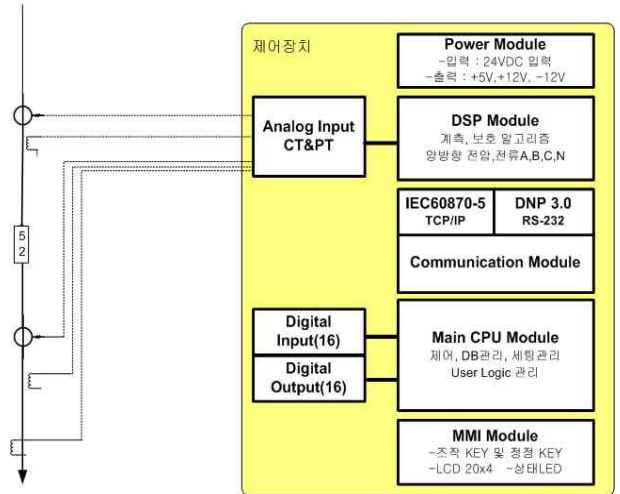
[그림 2] 역조류를 고려한 구간개폐기 알고리즘

## 2. 양방향 구간 개폐기의 보호협조 알고리즘

그림 1에서 F1 지점의 고장발생 시 구간개폐기는 후비 보호장치인 리클로저의 동작을 카운트하여 선로 무전압을 감지하기는 어렵다. 왜냐하면 리클로저의 재폐로 동작이 있어도 분산전원으로 인하여 선로는 무전압이 되지 않기 때문이다. 그러므로 본 연구에서 제시하는 양방향 구간개폐기는 분산전원 측의 전력 및 전압, 전류 감지기능 및 고장 복구 후 분산전원 재연계 시 계통과 동기가 맞지 않을 경우 연계방지를 위한 동기검출과 단독운전 방지를 위한 저주파 검출 등의 기능을 추가하도록 한다. F2 지점에서 고장이 발생할 시에는 기존의 구간개폐기 동작 시퀀스와 같이, 후비 보호장치인 재폐로 보호기 동작으로 선로 무전압이 감지 될 경우 선로를 분리하면 된다.

그림 2는 역조류를 고려한 구간개폐기의 알고리즘으로서 기존의 구간개폐기가 단지 선로의 무전압을 감지하여 선로를 분리하는 반면, 역조류를 고려한 구간개폐기는 정방향 조류일 때는 기존의 구간개폐기

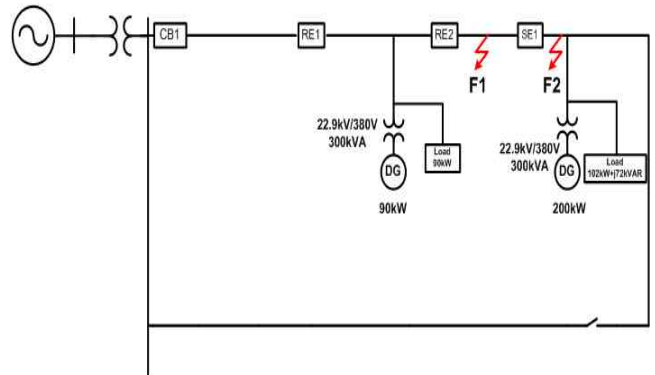
원리로 선로를 분리하게 된다. 만약 역조류가 감지 될 경우에는 알람으로서 중앙에 통보하게 된다. 이를 위하여, 보호 요소에서는 기존의 구간개폐기를 보완하여, 양방향 전압 전류 검출 및 동기 검출, 역전력 검출 기능을 추가하고 측정에서는 위상차 추가 및 전류, 전압 측정 폭을 확대하였다. 또한 이력 관리를 위하여 저장 공간을 증대시키고, 통신 장치에서는 다양한 포트 및 프로토콜을 추가시켰다.



[그림 3] 구간개폐기의 제어장치 블록도

그림 3은 구간개폐기의 제어장치 블록도를 나타낸 것이다. 이것은 파워 모듈, DSP 모듈, 통신 모듈, CPU 모듈, MMI 모듈로서 구성되어 있다. 파워 모듈에서는 외부 전압을 입력 받아 +5, +12, -12V를 출력하며, DSP 모듈은 계측, 보호알고리즘 양방향 전압, 전류 측정을 하게 된다. 통신모듈은 IEC60870-5와 DNP3.0으로 구성되어 있고 Main CPU 모듈은 제어, DB관리, 셋팅 관리 등의 일을 하게 된다.

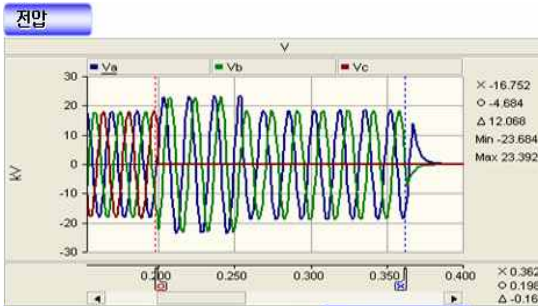
## 3. EMTDC/PSCAD를 이용한 보호계전 알고리즘의 해석



[그림 4] 실증시험을 위한 시뮬레이션 계통도

그림 4는 양방향 구간개폐기의 알고리즘을 검증하기 위하여 고장 모의해석을 수행하기 위한 배전계통도이다.

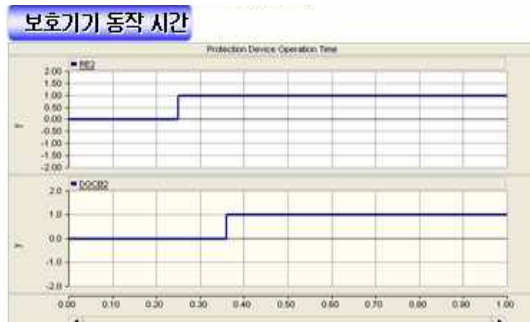
그림 4에서 고장 위치가 F1인 경우의 고장 조건은 다음과 같다. 고장 발생은 0.2초이고, RE2 개방 시간은 0.25초, 분산전원(DG) 측 차단기 개방 시간은 0.36초로 가정하고 시뮬레이션을 하였다. 그림 5는 시뮬레이션 결과로서 구간개폐기가 감지하는 전압, 역방향 고장 전류와 보호기기 동작시간을 보여주고 있다. 이 그림과 같이, F1에서 고장이 발생한 경우 구간개폐기는 역방향 고장 전류를 감지하게 된다. 따라서 DG에서 공급하는 고장전류에 동작하지 않도록 구간개폐기에 방향성 계전요소가 필요하다는 것을 알 수 있다.



(a) 구간개폐기의 감지 전압



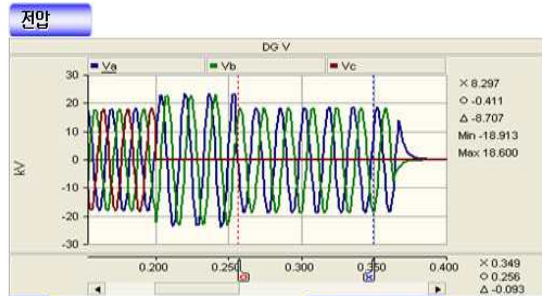
(b) 구간개폐기의 감지 전류



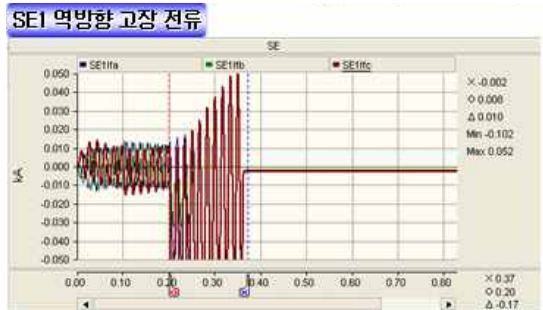
(c) 구간개폐기의 동작시간

[그림 5] F1 고장발생시 역조류를 고려한 구간개폐기 전압, 전류 파형

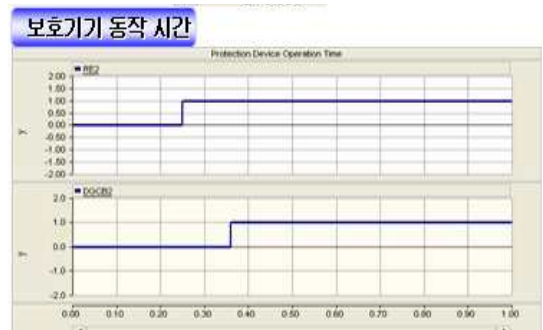
한편, F2 지점에서의 고장모의로서 고장 조건은 아래와 같다. 고장 발생은 0.2초, RE2 개방 시간은 0.25초 DG측 차단기 개방 시간은 0.36초로 가정하고 시뮬레이션을 하였다. 그림 6은 시뮬레이션 결과로서 구간 개폐기가 감지하는 전압, 역방향 고장 전류와 보호기기 동작 시간을 보여주고 있다. 그림 6의 전압 파형을 분석한 결과, F2에서 고장 발생 시 구간 개폐기는 RE2의 개방 시점인 0.25초 후에도 DG의 전압 공급에 의해 DG 측 차단기 개방 시간인 0.36초까지 무전압 감지를 실패하게 된다. 그러므로 구간 개폐기는 무전압을 감지하기 위해 RE2의 개방 시간과 DG 측 차단기 분리 시간만큼의 delay time을 고려해줘야 한다.



(a) 구간개폐기의 감지 전압



(b) 구간개폐기의 감지 전류



(c) 구간개폐기의 동작시간

[그림 6] F2 고장발생시 역조류를 고려한 구간개폐기 전압, 전류 파형

#### 4. 결 론

분산전원 연계 시에 기존의 구간 개폐기는 주 전원 측의 전력만 감지할 뿐 분산전원 측의 역조류 감지 및 보호를 하지 못해 오동작을 일으킬 수 있다. 이러한 경우 분산전원의 단독 운전뿐만 아니라 배전계통과 분산전원의 비동기 투입에 의한 악영향이 발생 할 수도 있다. 이에 대한 대책으로서 본 논문에서는 역조류를 감지하는 새로운 구간 개폐기의 알고리즘 및 시험 결과를 제시하였다. 배전계통의 해석 S/W인 EMTDC/PSCAD의 시뮬레이션 결과를 통하여 본 논문의 효용성을 확인하였다.

#### 참고문헌

- [1] 노대석 외, “태양광발전이 연계된 배전선로의 리클로저의 오동작에 대한 연구”, 한국산학기술학회, 춘계학술회 논문집, 2009. 5.