

사고위치에 따른 분산전원 고립운전 상태 검출에 관한 연구 (The Study of Islanding State Detection of Distributed Generation Considering Fault Location)

정승복* · 김재철

(Seung-Bock Jung · Jae-Chul Kim)

Abstract

This paper studies islanding detection algorithm of distributed generation(DG). The study of islanding detection has been disconnected DG when power islanding was detected but fault type wasn't distinguish. Nearby feeder fault, the fault of feeder that not interconnected DG, is a little affect DG and distribution system. Therefore DG not need to disconnect distribution system. We studied islanding detection algorithm considering fault location.

1. 서론

최근 전력소비량은 증가하고 있지만 부지확보문제, 환경문제로 인해서 대형 발전설비의 확충이 어려워져 열병합발전, 태양광발전, 풍력발전, 연료전지등의 다양한 형태의 소규모 분산전원에 대한 보급의 확대가 예상되고 있다. 하지만 분산전원을 배전계통에 연계했을 경우 전압변동문제, 고조파문제, 보호협조, 고립운전등의 문제가 발생하게 되고 특히 고립운전(Power islanding)의 문제 경우 인명피해, 기기손상, 전력품질의 저하 및 계통복구의 어려움등의 문제가 발생할 수 있다[1,2]. 고립운전이 발생시 사고복구후 보호기기가 재폐로 하기 전에 분산전원의 고립운전을 검출, 계통으로부터 분리시켜야 한다. 기존의 고립운전 검출에 관한 연구에서는 고립운전 검출시 사고위치를 고려하지 않고 분산전원을 분리하였다. 하지만 인근선로의 사고일 경우는 인근선로측 차단기에 의해서 사고차단이 되어 분산전원을 분리할 필요성이 없어지게 된다. 따라서 인근선로와 연계선로의 사고를 전압, 주파수, 출력, 위상등의 상태 변화를 통해서 구분하고 이에 따라서 인근선로 사고라고 판단될 경우 계통에서 분리시키지 않고 연계선로 사고라고 판단될 경우에만 분산전원의 고립운전을 검출하여 분산전원을 분리시키는 방법에 대하여 연구하였다.

2. 본론

2.1. 배전계통 모델과 분산전원 모델

전원측은 상위계통을 154kV로 증가하고 154/22.9kV Δ-Y결선을 가진 변압기를 통해서 배전계통에 공급이 된다. 배전계통의 보호기기는 국내의 기본 보호협조 방식

인 재폐로 차단기, 구분개폐기로 구성되어 있다.

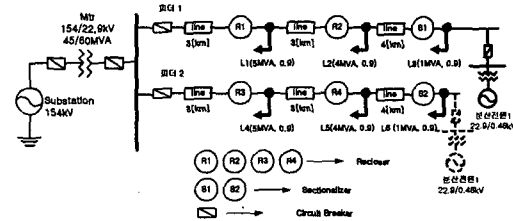


그림 1. 배전계통 모델
Fig.1. Distribution system model

분산전원 모델은 동기 발전기로 구성하였으며 0.48kV로 발전되어서 22.9kV로 배전계통에 공급된다. 용량은 1MVA, 지상역률 0.9이다.

2.2. 고립운전 검출시 고려할 사항

다음 그림2과 같이 DG1 앞단에서 사고가 난 경우 DG1은 즉시 분리해야 되는 상태가 되고 DG2는 정상운전 상태가 된다.

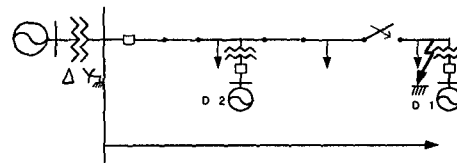


그림 2 DG1 앞단에서 사고가 난 경우
Fig.2. The case that fault is generated in front of DG1

그림3과 같이 DG2 앞단에서 사고시 DG2는 즉시 분리해야 되는 상태가 되고 DG1은 고립운전 상태가 된다

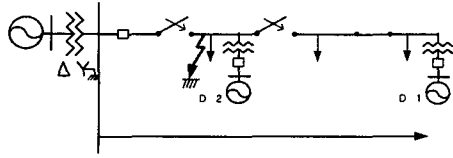


그림 3. DG2 앞단에서 사고가 난 경우
Fig.3. The case that fault is generated in front of DG2

그림4와 같이 DG1과 DG2사이에서 사고시 DG2는 정상운전이 되고 DG1은 고립운전 상태가 된다

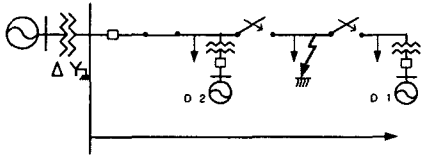


그림 4. DG1과 DG2사이에서 사고가 난 경우
Fig.4. The case that fault is between DG1 and DG2

그림5와 같이 인근선로에서 사고시 인근선로측 차단기에 의해서 사고가 제거되 연계선로는 사고에 대한 영향이 미미하다.

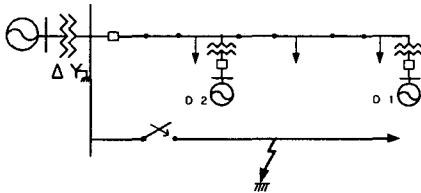


그림 5. 인근선로에서 사고가 난 경우
Fig.5. The case that fault in neighborhood distribution line

2.4. 시뮬레이션

사고는 0.5초에 발생하는 영구사고로 가정, 보호기기의 시퀀스는 사고발생후 0.2초후 차단된후 0.5초동안 무전압기간을 가지고 0.2초후 사고를 재차단한다.

그림과 같이 인근선로와 연계선로의 사고는 사고시 전압의 변화, 출력의 변화로 구분할 수 있다. 그러나 인근선로 사고, 연계선로 사고인지를 구분하고 연계선로 사고시, 즉시 분리인 경우인지, 고립운전 상태의 경우인지, 정상운전인지를 구분할 수 있어야 한다.

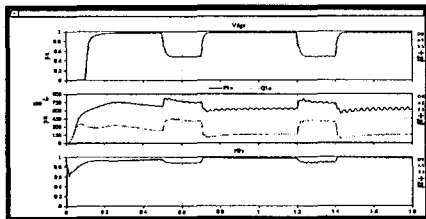


그림 6. 인근선로에서 사고시 계통 변화
Fig.6. System state change when fault in neighborhood distribution line

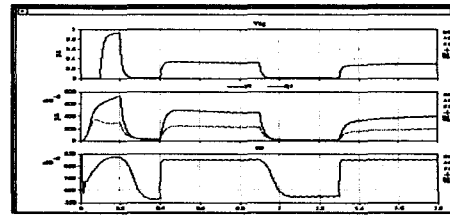


그림 7. 연계선로에서 사고시 계통 변화
Fig.7. System state change when fault on interconnection line

2.5. 전력 상태 변화율

전압, 출력, 주파수, 위상변화율은 다음과 같다.

$$6_{CHANGE_i} = \frac{6_{PAST} \cap 6_{PRESENT}}{6_{PAST}} \times$$

$$0_{CHANGE_i} = \frac{0_{PAST} \cap 0_{PRESENT}}{0_{PAST}} \times$$

$$E_{CHANGE_i} = \frac{E_{PRESENT} \cap E_{PAST}}{E_{PAST}} \times$$

$$0_{H_{CHANGE_i}} = \frac{0_{H_{PRESENT}} \cap 0_{H_{PAST}}}{0_{H_{PAST}}} \times$$

순간적인 변화를 피하기 위해서 충분한 시간 10cycle를 정도의 평균으로 삼고 전압과 출력은 순시값으로 계산하였으며 주파수와 위상은 최대값으로 계산하였다.

2.6. 제안한 알고리즘

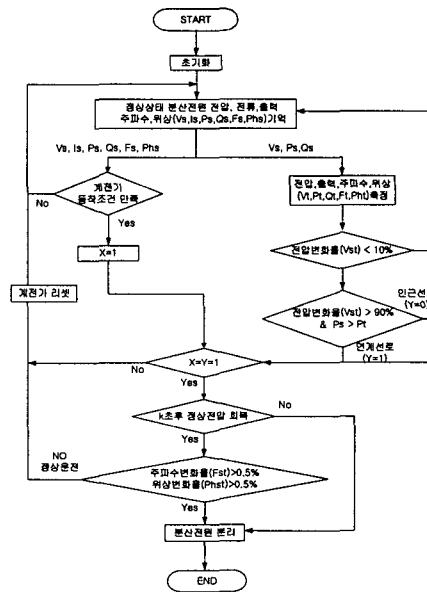


그림 8. 제안한 알고리즘
Fig.8. The proposed algorithm

2.7. 사례 연구

알고리즘을 검증하기 위해서 RBTS BUS2에 분산전원을 연계시키고 적용시켜 보았다.

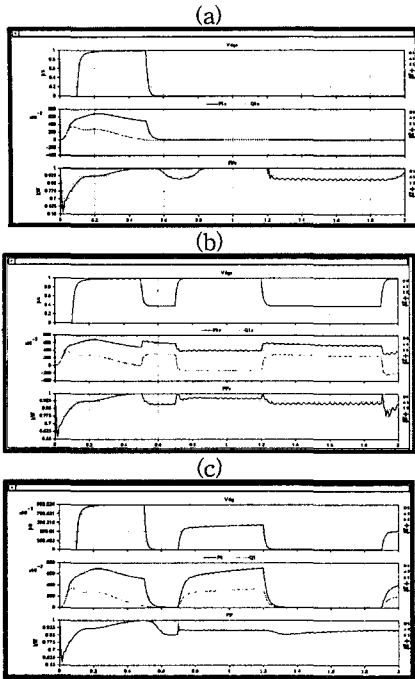


그림 8. 인근선로사고, 연계선로사고시 즉시분리와 고립운전의 경우

Fig.8 The case that fault in neighborhood distribution line, two case when fault on interconnection line

그림 8-(a)에서와 같이 인근선로 사고시 분산전원의 출력이 상승하고 전압강하가 일어난다. 연계선로 사고가 발생시 그림(b)에서 보호기기의 동작 시간후 바뀌지 않는 것을 볼 때 즉시 분리, 그림(c)는 동작 시간 후에 전압과 출력이 살아나는 것을 볼 때 고립운전 상태임을 알 수 있다.

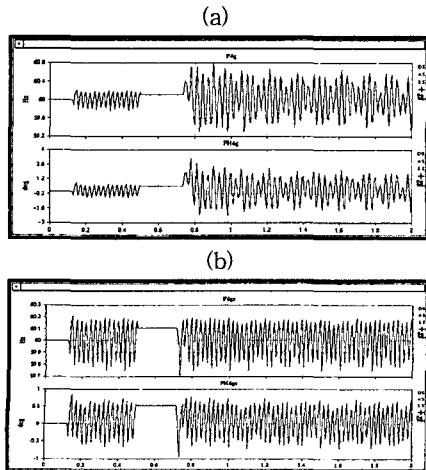


그림 9. 정상운전과 고립운전의 경우

Fig.9 The case of normal operation, the case of islanding operation

정상운전의 경우 주파수와 위상 변화가 거의 없지만 고립운전의 경우에는 주파수와 위상 변화가 크다는 것을 알 수 있다.

3. 결론

본 논문에서는 전력계통의 전압, 위상, 주파수, 발전기 출력, 발전기 토크, 역률등의 변동을PSCAD/EMTDC를 이용한 시뮬레이션을 통해 분석하고 이를 통한 개선된 고립 운전 검출 알고리즘을 제안하였다.

인근선로와 연계선로의 사고를 구분함으로써 인근선로의 사고시 분산전원에 피해가 미미하다. 오히려 분산전원을 분리시켰다가 연계시켰을 경우 상불평형, 동기화 문제등으로 인해서 큰 피해가 발생하게 된다.

따라서 전력 계통의 상태 변화 검출을 통해서 인근선로사고시에는 분산전원을 분리시키지 않고 연계선로 사고시라고 검출될 경우에만 분산전원을 분리시켰다.

또한 분산전원의 위치와 사고 위치에 따라서 즉시 분리해야 하는 연계선로 사고인지, 고립운전인지, 고립운전이 아닌지에 대한 상황들을 살펴서 설정해야 한다. 이를 종합적으로 판단하는 고립운전 검출 알고리즘을 제안하였다. RBTS BUS2 계통으로 검증하였다.

감사의 글

본 연구는 기초전력공학공동연구소의 01-중-04 사업의 연구비에 의하여 연구되었음.

참고 문헌

- (1) 장성일, 김광호, "분산전원의 고립운전 검출 기법의 개발", 전기학회논문지, Vol. 50A, No. 11, pp. 506-513, 2001.11
- (2) 최준호, 김재철외, "배전계통에 연계된 열병합발전설비의 개선된 보호협조 방안에 관한 연구", 대한 전기학회지, Vol 49A, No 6, pp 280-288, 2000. 6.
- (3) Joon-Ho Choi, Jae-Chul kim, Seung-II Moon, "The Inter-tie Protection Schemes of the Utility Interactive Dispersed Generation Units for Distribution Automatic Reclosing" KIEE International Transactions on PE, Vol. 2-A, No. 4, pp. 166-173, 2002
- (4) R.Billiton etc. "A reliability test system for educational purposes - basic distribution system data and results", IEEE trans. Power system, Vol. 6, No. 2, May 1991