

시간영역에서 순시 유효/무효전력을 이용한 마이크로그리드의 단독운전 판단

논 문
61-1-4

Islanding Detection for a Micro-Grid based on the Instantaneous Active and Reactive Powers in the Time Domain

이 영 귀* · 김 연 희** · 정 태 영*** · 김 태 현§ · 강 용 철†

(Young-Gui Lee · Yeon-Hee Kim · Tai-Ying Zheng · Tae-Hyun Kim · Yong-Cheol Kang)

Abstract—Correct and fast detection of a micro-grid (MG) islanding is essential to the MG since operation, control and protection of the MG depend on an operating mode i.e., an interconnected mode or an islanding mode. When islanding occurs, the frequency of the point of common coupling (PCC) is not the nominal frequency during the transient state owing to the frequency rise or drop of generators in the MG. Thus, the active and reactive power calculated by the frequency domain based method such as Fourier Transform might contain some errors. This paper proposes an islanding detection algorithm for the MG based on the instantaneous active and reactive powers delivered to the dedicated line in the time domain. During the islanding mode, the instantaneous active and reactive powers delivered to the dedicated line are constants, which depend on the voltage of the PCC and the impedance of the dedicated line. In this paper, the instantaneous active and reactive powers are calculated in the time domain and used to detect islanding. The performance of the proposed algorithm is verified under various scenarios including islanding conditions, fault conditions and load variation using the PSCAD/EMTDC simulator. The results indicate that the algorithm successfully detects islanding for the MG.

Key Words : Islanding detection, Micro-grid, Dedicated line, Instantaneous active power, Instantaneous reactive power

1. 서 론

최근 지구 온실효과 및 일본의 원전사고, 고유가 등 화석 연료의 고갈 문제가 전 세계적인 문제로 부각되고 있다. 이러한 에너지 위기와 환경문제를 해결할 수 있는 방안으로 전력시스템의 효율화와 신재생에너지 도입확대가 해결책으로 제시되고 있으며, 이를 위한 기술적인 수단으로 마이크로그리드의 적용이 검토되고 있다[1, 2].

마이크로그리드는 다양한 의미로 사용되고 있는데, 본 논문에서는 마이크로그리드는 디젤발전기, 풍력, 태양광, 연료전지 등 소형 분산전원과 신재생에너지원 또는 소용량의 분산전원과 자체 부하로 구성되어, 주 그리드와 연계운전 또는 독립운전이 가능한 소규모의 그리드를 의미한다[3]. 마이크로그리드의 특징으로는 그리드에 사고 발생 시 또는 연계선 개방 시, 그리드로부터 분리되어도 자체에 부하를 공급하는

단독운전이 가능하다[4, 5]. 마이크로그리드는 대부분 전용연계선을 통해 그리드와 연계되어 부족한 전력은 그리드로부터 전력을 공급받고, 잉여 시에는 그리드로 전력을 공급할 수 있다.

마이크로그리드의 운영, 제어, 보호는 연계운전 모드와 단독운전 모드에 따라 크게 다르다. 그리드의 연계 유무에 따라 사고 시, 사고전류 크기가 달라지므로 효과적인 보호를 위해 그리드의 연계 유무를 판별하여 마이크로그리드 내 보호 계전기의 설정 값을 조절해야 한다. 또한 마이크로그리드 운영자는 마이크로그리드 내 분산전원들의 최적운영과 경제성을 고려해야하므로 그리드 연계 유무에 따라 발전기들의 운영계획을 수정해야 한다.

따라서 마이크로그리드가 단독운전하고 있는지의 여부를 빠르고 정확하게 판단하여야, 마이크로그리드를 운영, 제어, 보호를 원활하게 수행할 수 있다. 기존의 단독운전 판단 방법으로는 크게, 분산전원 단독운전 판단 방법과 마이크로그리드 단독운전 판단 방법으로 구분될 수 있다.

분산전원 단독운전 판단의 기존 방법은 능동적인 방법과 수동적인 방법이 있다[6-8]. 능동적인 방법은 분산전원의 출력 단계에 추가적인 제어회로 설치하여 출력변화에 대한 응답을 모니터링하는 방법이다. 이 방법은 단독운전 판단기법으로는 성능이 뛰어나지만, 전력품질 저하의 원인이 될 수 있고, 여러 대의 분산전원이 포함된 경우에는 그 영향이 더욱 크다.

수동적인 기법은 단독운전 전·후의 그리드의 파라미터를 모니터링 하는 방법이다. 대표적 검출 방법으로는 주파수의 변동률(Rate of change of frequency), 유효전력의 변동률(Rate

* 준 회원 : 전북대 대학원 전기공학과 석사과정

** 정 회원 : 전북대 대학원 전기공학과 박사과정

*** 정 회원 : 전북대 풍력에너지전력망적용기술연구센터 연구교수

§ 정 회원 : 명지전문대 정보공학부 부교수

† 교신저자, 시니어회원 : 전북대 공대 전기공학과 교수, 전북대 풍력에너지전력망 적용기술 연구센터 소장, 전북대 스마트그리드연구센터 연구원

E-mail : yckang@jbnu.ac.kr

접수일자 : 2011년 11월 20일

최종완료 : 2011년 12월 13일

of change of power), 위상의 변화(Phase Jump)등 시스템 파라미터를 모니터링해서 판별하는 방법이다. 즉 단독운전 전·후 전압의 크기나 위상, 주파수 등의 변화를 측정하여 설정 값 이상 변화할 때에 단독운전이라 판단한다. 이 방법은 추가적인 제어회로가 불필요하며, 계통의 품질에 영향 주지 않는 장점이 있다. 하지만, 그리드와 마이크로그리드 내의 전력교환이 없는 경우에 단독운전 발생 시, 발생 전·후 파라미터의 변화량이 적어 단독운전을 판단하기 어렵다.

마이크로그리드의 단독운전 판단 기법은 연계선으로 공급되어지는 복소전력을 모니터링하여 단독운전을 판단하는 방법이다[9]. 이 방법은 단독운전이 발생하면 PCC (Point of Common Coupling)지점에서 연계선으로 공급되는 복소전력은 하나의 값으로 수렴하는 특성을 이용하였다. 계산한 복소전력이 단독운전을 판단하는 트립영역 안으로 들어가면 단독운전이라 판단한다. 이 방식은 마이크로그리드 내의 발전량과 부하량의 균형이 맞은 경우에 단독운전이 발생하더라도, 단독운전을 판단할 수 장점이 있다. 하지만, 주파수 영역에서 복소전력을 계산하므로, 그리드 또는 마이크로그리드의 사고 발생 시 또는 단독운전 발생 시에는, 전압과 전류의 주파수가 기본 주파수에서 벗어나게 된다. 따라서, 푸리에 변환 등의 주파수 영역에서 복소전력을 계산하는 방법의 경우에는 복소전력 계산에 오차가 발생하거나, 시간이 지연되는 문제가 있다.

본 논문은 시간영역에서 순시 유효/무효전력을 계산하여 마이크로그리드의 단독운전을 판단하는 기법을 제안한다. 제안한 방법은 전용연계선에 공급되는 순시 유효/무효전력을 시간영역에서 계산하여, 그 값이 판단영역에 수렴하여 1 주기 이상 지속될 경우 단독운전이라 판단한다. 제안한 단독운전 판단 기법의 성능을 검증하기 위해 PSCAD/EMTDC를 이용하여 분산전원의 다양한 출력조건에서 단독운전과 사고 및 부하변동에 따라 제안한 방법의 성능을 검증하였다.

2. 시간영역에서 순시 유효/무효전력을 이용한 단독운전 판단 기법

순시 유효/무효전력을 이용하여 마이크로그리드의 단독운전 판단 기법은 그리드 측 차단기가 개방되어 마이크로그리드가 그리드로부터 분리가 되면 마이크로그리드에서 전용연계선으로 공급되는 $p_{cal}(t)$ 와 $q_{cal}(t)$ 를 계산하여 단독운전을 판단하는 방법이다. PCC지점의 전압과 연계선의 파라미터에 의해서 $p_{cal}(t)$ 와 $q_{cal}(t)$ 는 일정한 값을 가지게 된다.

연계선을 통해서 그리드 방향으로 공급되는 3상의 순시 유효전력 $p_{cal}(t)$ 와 순시 무효전력 $q_{cal}(t)$ 는 PCC지점의 전압과 전류를 측정하여, 식 (1), (2)와 같이 계산한다.

$$p_{cal}(t) = v_a(t)i_a(t) + v_b(t)i_b(t) + v_c(t)i_c(t) \quad (1)$$

$$q_{cal}(t) = v'_a(t)i'_a(t) + v'_b(t)i'_b(t) + v'_c(t)i'_c(t) \quad (2)$$

(v'_a, v'_b, v'_c : 1/4 주기 지연 v_a, v_b, v_c)

여기서 $v_a(t), v_b(t), v_c(t)$ 와 $i_a(t), i_b(t), i_c(t)$ 는 a, b, c상의 전압과 전류이다.

S_{ref} 는 단독운전 시, PCC지점의 전압으로 계산한 복소전력

이다. S_{ref} 는 식 (3)과 같이 나타낼 수 있다. 연계선에 따라 파라미터가 달라지지만, 연계선이 결정이 되면 그 값은 상수이므로 S_{ref} 는 일정한 값을 갖는다.

$$S_{ref} = \frac{|V_{pcc,II}^2|}{Z_I^*} \quad (3)$$

여기서 $V_{PCC,II}$ 과 Z_I^* 은 PCC지점의 선간전압과 선로임피던스이다.

단독운전을 판단하는 트립영역은 설정 값에서 연계점에서 전압변동과 계측기의 측정오차로 인해 영역으로 정해진다. 트립영역은 크기의 오차로 인한 범위와 위상의 오차에 의한 범위로 그림 1과 같이 나타난다. 크기에 대한 범위는 식 (4)에 나타내었고, 위상에 대한 범위는 식 (5)에 나타내었다. 전압변동률은 PCC지점의 전압에 $\pm 20\%$, 전압 변성기와 변류기의 크기오차는 각각 $\pm 6\%$, $\pm 3\%$ 이며, 위상오차 $\pm 15^\circ$ 를 고려하여 $k_1=0.5, k_2=1.8, k_3=15^\circ$ 로 정하였다[10, 11].

$$k_1|S_{ref}| \leq |\sqrt{p_{cal}^2(t) + q_{cal}^2(t)}| \leq k_2|S_{ref}| \quad (4)$$

$$\left| \tan^{-1} \frac{q_{cal}(t)}{p_{cal}(t)} - \angle S_{ref} \right| \leq k_3^\circ \quad (5)$$

단독운전의 발생 시, $p_{cal}(t)$ 와 $q_{cal}(t)$ 의 궤적이 단독운전의 판단영역 안에 수렴하여 1주기 이상 지속되면 단독운전이라 판단한다.

3. 사례 연구

제안한 방법의 성능을 검증하기위해 PSCAD/EMTDC를 이용하여 그림 2와 같이 마이크로그리드를 모델링하였다. 모의한 계통은 22.9 kV 배전계통이며, 마이크로그리드는 디젤발전기(2 MW), 풍력발전기(2 MW), 태양광발전기(1 MW)와 부하(5 MW)로 이루어진 6.6 kV의 저압계통으로 전용선을 통해 그리드과 연계하고 있다. 전용선은 가공선로 ACSR 58 mm², 1 km로 구성하여 그리드와 연계하였다. 마이크로그리드 내에 있는 분산전원의 다양한 출력조건에서 단독운전과 사고 및 부하변동에 따라 제안한 방법의 성능을 검증하였다.

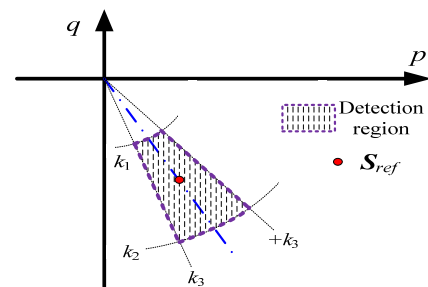


그림 1 단독운전 판단 영역
Fig. 1 Islanding detection region

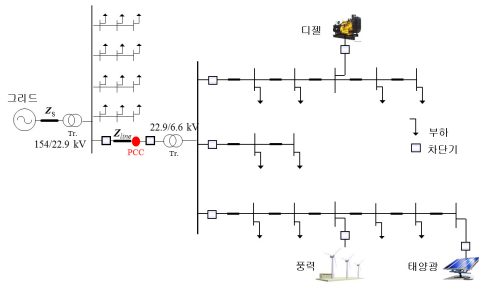


그림 2 모델 시스템의 단선도
Fig. 2 Single-line diagram of the model system

3.1 단독운전 (사례 1-3)

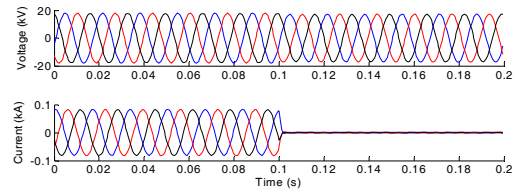
사례 1-3에서는 단독운전에 대해 제안한 방법의 정동작용 여부를 판단하기 위한 연구이다. 발전량과 부하량의 차이가 큰 경우와 차이가 거의 없는 경우에서 제안한 방법의 성능을 검증하였다. 단독운전 모의를 위해 그리드 측 차단기를 0.1 초에 개방하였다.

3.1.1 사례 1: MG내의 발전량<부하량

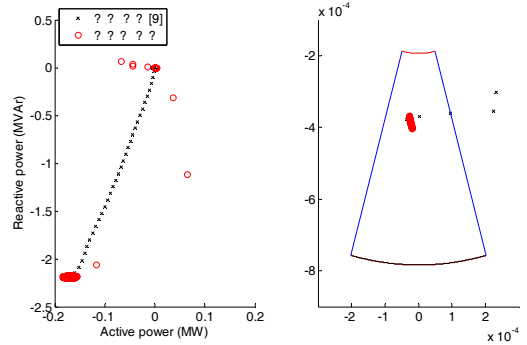
그림 3은 사례 1의 결과를 나타냈다. 사례 1은 마이크로 그리드의 발전량이 부하량 보다 적어, 마이크로그리드는 그리드로부터 전력을 공급받고 있는 상태이다. 즉, 단독운전에 제안한 방법의 $(p_{cal}(t), q_{cal}(t))$ 궤적과 기존 방법[9]의 $(P(t), Q(t))$ 궤적은 조류의 흐름을 마이크로그리드에서 전용 연계선으로 공급하는 방향으로 설정하면 3사분면에 위치한다. 그림 3(a)는 PCC지점에서 측정된 3상의 전압, 전류이다. 단독운전 발생하면, 전압의 크기는 약간 감소하고 전류는 거의 '0'의 값을 갖는다. 그림 3(b)에서 'o'는 제안한 방법의 $(p_{cal}(t), q_{cal}(t))$ 궤적을 나타내며, 'x'는 기존 방법의 $(P(t), Q(t))$ 궤적을 나타낸다. 단독운전 시, 기존 방법과 제안한 방법 모두 트립영역 안으로 수렴하는 것을 볼 수 있지만, 제안한 방법이 기존 방법에 비해 빠르게 수렴한다. 이에 따라 그림 3(c)에서 나타난 것과 같이, 단독운전 발생 후 제안한 방법은 1.5주기 후에 단독운전을 검출하였고, 기존 방법보다 빠른 판단을 보였다.

3.1.2 사례 2: MG내의 발전량≈부하량

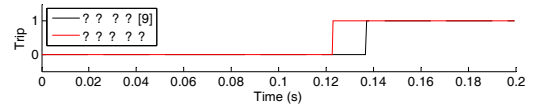
그림 4는 사례 2의 결과를 나타내고 있으며, 마이크로 그리드의 발전량과 부하량의 차가 거의 없는 경우, 즉 마이크로그리드는 그리드로부터 전력 교환이 거의 없는 상태에서 단독운전이 발생한 경우이다. 이 경우, 그림 4(a)는 PCC지점에서 측정된 3상의 전압, 전류를 나타내고 있으며, 단독운전 발생 시, 전압의 크기는 매우 작은 값이 감소하였고, 전류는 거의 '0'의 값을 가지는 것을 확인할 수 있다. 전력 교환이 거의 없기 때문에 단독운전 전·후의 PCC지점에서 측정된 전압의 크기와 위상, 주파수 변화가 거의 발생하지 않아 기존 분산전원 단독운전 판단기법[6-8]으로 단독운전을 검출할 수가 없다. 하지만, 그림 4(b)에 나타난 것과 같이 'o'로 나타난 제안한 방법의 $(p_{cal}(t), q_{cal}(t))$ 궤적과 'x'로 나타난 기존 방법[9]의 $(P(t), Q(t))$ 궤적이 트립영역 안으로 수렴하여 단독운전을 판단하였다. 이 경우에도 제안한 방법이 기존방법에



(a) PCC지점의 전압과 전류



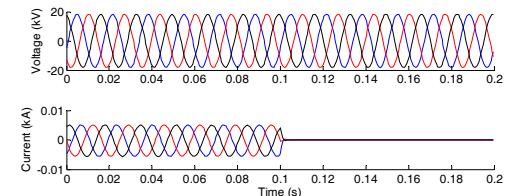
(b) 궤적 $(p_{cal}(t), q_{cal}(t))$ 과 트립 영역



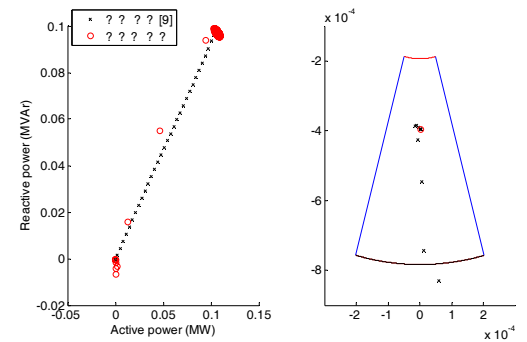
(c) 트립 신호

그림 3 사례 1의 결과

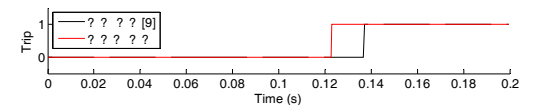
Fig. 3 Results for Case 1



(a) PCC지점의 전압과 전류



(b) 궤적 $(p_{cal}(t), q_{cal}(t))$ 과 트립 영역



(c) 트립 신호

그림 4 사례 2의 결과

Fig. 4 Results for Case 2

비해 빠르게 수렴하여, 제안한 방법이 기존 방법에 비해 빠르게 단독운전을 판단하는 것을 그림 4(c)에 나타내었다.

3.1.3 사례 3: MG내의 발전량>부하량

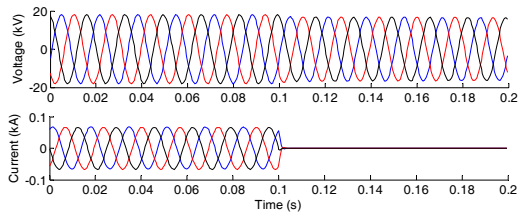
그림 5는 사례 3의 결과를 나타내며 마이크로그리드의 발전량이 부하량 보다 커서, 마이크로그리드는 그리드에 전력을 공급하고 있는 상태이기 때문에 단독운전 전에 ($p_{cal}(t)$, $q_{cal}(t)$)와 ($P(t)$, $Q(t)$)의 궤적은 4사분면에 위치한다. 단독운전 발생 시, PCC지점에서 측정된 3상의 전압, 전류는 그림 5(a)와 같다. 단독운전 발생하면 전류의 크기가 급격하게 작아진다. 이에 따라 'o'로 나타낸 제안한 방법의 ($p_{cal}(t)$, $q_{cal}(t)$) 궤적과 'x'로 나타낸 기존 방법[9]의 ($P(t)$, $Q(t)$) 궤적이 모두 트립영역 안으로 수렴함을 그림 5(b)에서 확인할 수 있다. 제안한 방법이 트립영역 안으로 기존 방법에 비해 빠르게 수렴하며 이에 따라 단독운전 판단이 빠른 것을 그림 5(c)에 나타내었다.

3.2 사고 (사례 4-6)

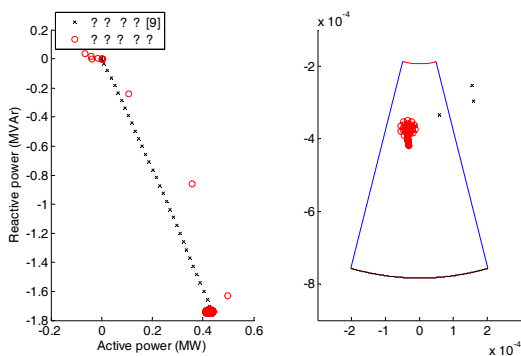
사례 4-6에서는 제안한 방법이 사고 시, 정부동작함을 검증하기 위해 사고는 그리드, 연계선, 마이크로그리드 내에서 3상 사고를 모의하였다. 사고 발생시간은 0.1 초이다.

3.2.1 사례 4: MG내의 3상 사고

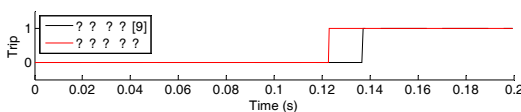
그림 6은 사례 4에 대한 결과를 나타내며 마이크로그리드 내의 3상 사고를 모의하였고, 그림 6(a)는 PCC지점의 전압과



(a) PCC지점의 전압과 전류

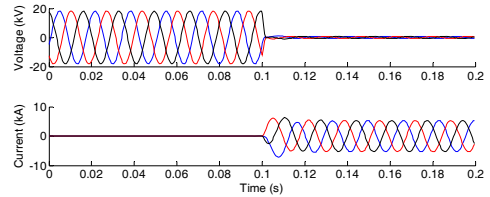


(b) 궤적 ($p_{cal}(t)$, $q_{cal}(t)$)과 트립 영역

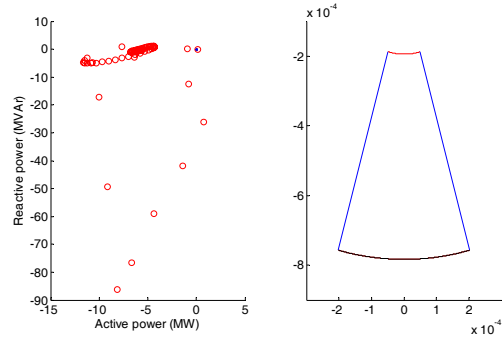


(c) 트립 신호

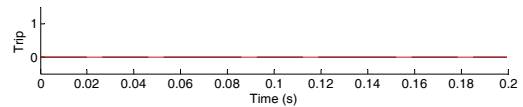
그림 5 사례 3의 결과
Fig. 5 Results for Case 3



(a) PCC지점의 전압과 전류



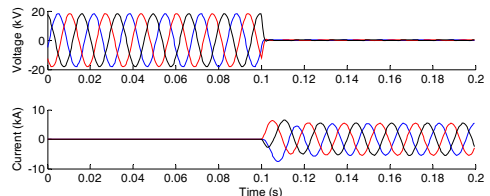
(b) 궤적 ($p_{cal}(t)$, $q_{cal}(t)$)과 트립 영역



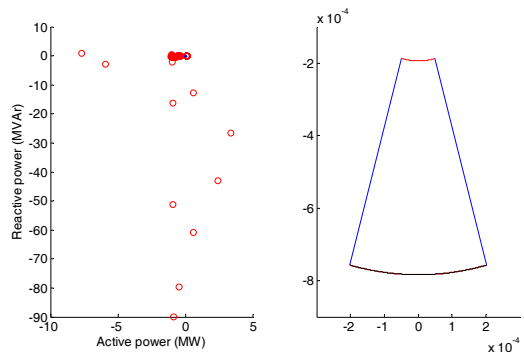
(c) 트립 신호

그림 6 사례 4의 결과

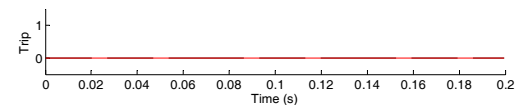
Fig. 6 Results for Case 4



(a) PCC지점의 전압과 전류



(b) 궤적 ($p_{cal}(t)$, $q_{cal}(t)$)과 트립 영역



(c) 트립 신호

그림 7 사례 5의 결과

Fig. 7 Results for Case 5

전류를 나타낸 그림이다. 사고 발생 시, 전압은 급격히 감소하고, 전류는 급격히 증가하였다. 그림 6(b)에 ‘o’로 나타낸 $(p_{cal}(t), q_{cal}(t))$ 의 궤적은 단독운전 상태와 다르게 큰 값으로 수렴하여 궤적이 트립영역으로 이동하지 않았다. 이는 사고 시, 사고 전류의 영향으로 인해서 궤적이 판단영역을 벗어남을 볼 수 있다. 제안한 방법의 경우, 그림 6(c)에 나타난 바와 같이 사고 시, 단독운전이라 판단하지 않고, 정부동작하였다.

3.2.2 사례 5: 연계선의 3상 사고

사례 5는 연계선에서 3상 사고를 모의하여, PCC지점의 전압과 전류를 그림 7(a)에 나타내었다. 사고 발생 시, 전압은 거의 ‘0’에 가깝고, 전류는 급격히 증가하였다. 그림 7(b)에 ‘o’로 나타낸 $(p_{cal}(t), q_{cal}(t))$ 의 궤적은 트립영역으로 이동하지 않아 그림 7(c)와 같이 단독운전 트립신호를 발생하지 않았다.

3.2.3 사례 6: 그리드의 3상 사고

그림 8은 그리드에서의 3상 사고를 모의한 결과를 나타내고 있다. 이 사례 또한 사례 4, 5과 같이 사고를 단독운전이라 판단하지 않아, 단독운전 트립신호를 발생하지 않았다.

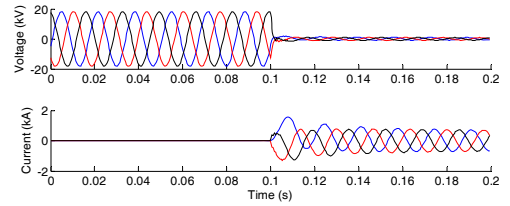
3.3 부하변동 (사례 7: 마이크로그리드 내의 부하가 급증한 경우)

마이크로그리드 내의 부하가 급증한 경우인 사례 7에 대한 결과를 그림 9에 나타내었다. 마이크로그리드 내에서 부하 증가 시, 전압은 변동이 거의 없으나, 그리드에서 더 많은 전력을 받게 되어 전류가 증가하게 된다. 그림 9(b)에 ‘o’로 나타낸 제안한 방법의 $(p_{cal}(t), q_{cal}(t))$ 궤적은 단독운전 판단 영역으로 이동하지 않고, 3사분면으로 이동하였다. 제안한 방법의 경우, 그림 9(c)에 나타난 바와 같이 마이크로그리드 내의 부하가 급증한 경우에 단독운전이라 판단하지 않았다.

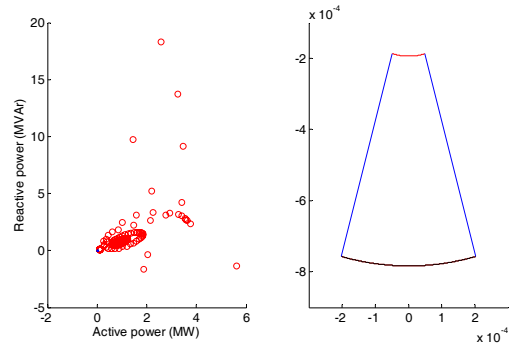
4. 결 론

본 논문은 시간영역에서 순시 유효/무효전력을 계산하여 마이크로그리드의 단독운전을 판단하는 방법을 제안하였다. 제안한 방법은 단독운전 발생하면 전용연계선으로 유입되는 순시 유효/무효전력을 시간영역에서 연산하여, 연산한 값이 단독운전 판단영역에 수렴하여 1주기이상 지속될 경우 단독운전으로 판단한다.

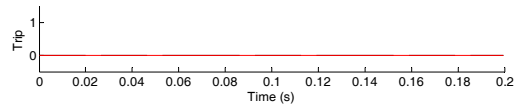
제안한 방법은 연계선에서 전력의 흐름이 큰 경우뿐만 아니라 전력의 흐름이 거의 없는 경우에서 발생한 단독운전을 검출 가능하여, 기존 분산전원의 수동적 검출기법 단점을 극복하였으며, 사고 및 부하변동에 따라 정부동작함을 확인하였다. 또한, 단독운전 시, 기본 주파수 변화에 대해 오차가 발생하지 않는 시간영역에서 순시 유효/무효전력 계산 방법으로 보다 정확 빠르게 단독운전을 검출할 수 있다는 장점이 있다. 더욱이, 기존 마이크로그리드 단독운전 판단 방법의 경우 한 주기 데이터를 저장하여 복소전력을 계산한 반면, 제안한 방법은 계산에 1/4주기 데이터만을 사용하기 때문에 기존 방법에 비해 요구되는 메모리량이 감소하는 장점을 가진다.



(a) PCC지점의 전압과 전류



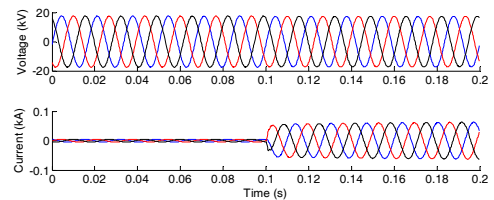
(b) 궤적 $(p_{cal}(t), q_{cal}(t))$ 과 트립 영역



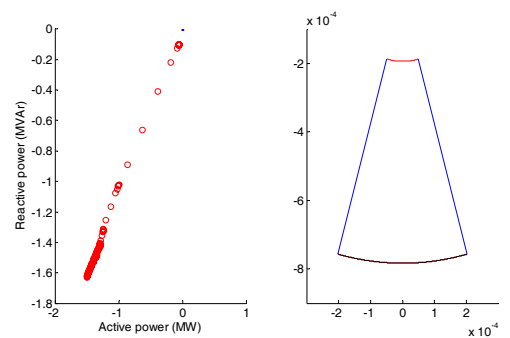
(c) 트립 신호

그림 8 사례 6의 결과

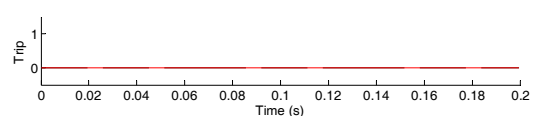
Fig. 8 Results for Case 6



(a) PCC지점의 전압과 전류



(b) 궤적 $(p_{cal}(t), q_{cal}(t))$ 과 트립 영역



(c) 트립 신호

그림 9 사례 7의 결과

Fig. 9 Results for Case 7

감사의 글

이 논문은 지식경제부의 지원에 의하여 기초전력연구원 (과제번호: 2009T100100597)과 교육과학기술부의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업 (과제번호: 2011-0000891) 지원을 받아 수행된 것임.

참 고 문 헌

[1] N. Hatziargyriou, H. Asano, R. Iravani, and C. Marnay,, "Microgrids," *IEEE Power & Energy Magazine*, vol. 5, no. 4, pp. 78-94, Jul./Aug. 2007.

[2] G. Venkataramanan, and C. Marnay, "A larger role for microgrids," *IEEE Power & Energy magazine*, vol. 6, no. 3, pp. 78-82, May/June. 2008.

[3] R. Lasseter, A. Akhil, C. Marnay, J. Stevens, J. Dagle, R. Guttromson, A. S. Meliopoulos, R. Yinger, and J. Eto, "White paper on integration of distributed energy resources—the CERTS microgrid concept", Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, California, U. S. A. [Online]. Available: <http://certs.lbl.gov/pdf/50829-app.pdf>.

[4] F. Katiraei, M. R. Iravaniand, and P. W. Lehn, "Micro-grid autonomous operation during and subsequent to islanding process," *IEEE Trans. on Power Del.*, vol. 20, no. 1, pp. 248-257, Jan. 2005.

[5] N. Jayawarna, N. Jenkins, M. Lorentzou, S. Papathanassiou, and N. Hatziargyriou, "Safety analysis of a microgrid," 2005 International Conference on Future Power Systems, Netherlands, 2005.

[6] M. A. Redferm, O. Usta, and G. Fielding, "Protection against loss of utility grid supply for a dispersed storage and generation unit," *IEEE Trans. on Power Del.*, vol. 8, no. 3, pp. 948-954, Jul. 1993.

[7] P. O. Kane, and B. Fox, "Loss of mains detection for embedded generation by system impedance monitoring," in *Proc. Sixth International Conference on Developments in Power System Protection*, pp. 95-98, Mar. 25-27, 1997.

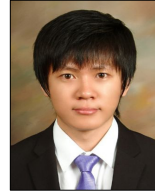
[8] S. I. Jang, and K. H. Kim, "Development of a new islanding detection method for distributed resources," *Trans. on Korean Institute of Electrical Engineers*, vol. 50A, no. 11, pp. 506-513, Nov. 2001.

[9] Y. C. Kang, S. H. Cha, S. I. Jang, H. G. Kang, Y. G. Kim, and G. C. Park, "Islanding detection based on complex power at the intertie," *Trans. on Korean Institute of Electrical Engineers*, vol. 57, no. 12, pp. 2167-2172, Dec. 2008.

[10] KS C IEC Std 60044-1, "Instrument transformers – Part 1 : Current transformers," 2003.

[11] KS C IEC Std 60044-2, "Instrument transformers – Part 2 : Inductive voltage transformers," 2003.

저 자 소 개



이 영 귀 (李 泳 貴)

1984년 4월 26일생. 2010년 원광대 공대 전기전자 및 정보공학부 졸업. 2010년~현재 전북대 대학원 전기공학과 석사과정, 전북대 풍력에너지전력망적응기술연구센터 연구원

Tel : 063-270-2391
 Fax : 063-270-2394
 E-mail : mario4829@jbnu.ac.kr



김 연 희 (金 烟 熙)

1979년 4월 10일생. 2006년 전북대 공대 전자정보공학부 졸업. 2008년 전북대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2009년~현재 동 대학원 전기공학과 박사과정, 전북대 풍력에너지전력망적응기술연구센터 연구원

Tel : 063-270-2391
 Fax : 063-270-2394
 E-mail : love35021@jbnu.ac.kr



정 태 영 (鄭 太 英)

1982년 4월 17일생. 2004년 중국 절강대 전기공학과 졸업. 2006년 전북대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2011년 동 대학원전기공학과 졸업(공학박). 현재 전북대 풍력에너지전력망적응기술연구센터 연구교수, 전북대 스마트그리드연구센터 연구원

Tel : 063-219-5204
 Fax : 063-219-5203
 E-mail : huanxiang417@hotmail.com



김 태 현 (金 台 鉉)

1963년 6월 18일생. 1986년 서울대 공대 전기공학과 졸업. 1988년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1999년 동 대학원 전기공학부 졸업(공학박). 현재 명지전문대 정보공학부 부교수

Tel : 02-300-3728
 E-mail : kth@mjc.ac.kr



강 용 철 (姜 龍 澈)

1964년 8월 2일생. 1991년 서울대 공대 전기공학과 졸업. 1993년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1997년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학박). 현재 전북대 공대 전기공학과 교수, 전북대 풍력에너지전력망적응기술연구센터 소장, 전북대 스마트그리드연구센터 연구원

Tel : 063-270-2391
 Fax : 063-270-2394
 E-mail : yckang@jbnu.ac.kr