

An Adaptive Reclosing Technique Considering the Distributed Generation

徐 熏 徹[†] · 金 喆 煥^{*} · 呂 相 敏^{**}

(Hun-Chul Seo · Chul-Hwan Kim · Sang-Min Yeo)

Abstract - The autoreclosing is applied to power system for maintaining system stability and continuity of supply. Developments on distributed generation(DG) grows significantly by environmental issues and economical issues. If the DG is connected to distribution system, the DG influences the technical aspects such as power quality, protection and stability. It causes the challenges to protection, especially to reclosing. In order to achieve reliability and safety of the distribution system, the rules and guidelines suggest that the DG units should be rapidly disconnected from the network before the reclosing. If the DG is disconnected whenever the fault occurs, it cannot be utilized effectively.

This paper presents the adaptive reclosing algorithm considering the DG. The algorithm consists of angle oscillation's judgment, EEEAC(Emergency Expanded Equal-Area Criterion), calculation of optimal reclosing time and re-connection algorithm. The simulation is implemented for the DG technology by using EMTP MODELS. The simulation results show that the transient stability is maintained and the DG is protected against disturbance.

Key Words : autoreclosing, distributed generation, transient stability, EMTP MODELS

1. 서 론

배전계통에서 열병합발전, 태양광발전, 풍력발전 등의 분산전원의 사용이 점점 늘어나고 있다. 분산전원의 사용에 따라 기존 배전계통의 전기품질 및 신뢰도 저하, 보호협조, 안정도 등과 같은 계통 운영상의 문제가 발생하고 있다. 이러한 문제 중 과도 불안정으로 인한 계통의 손상을 막기 위한 가장 기본적인 방법은 고장의 신속한 검출 및 차단이며, 그 다음으로 재폐로를 수행하는 것이다. 분산전원의 존재는 기존 배전계통에서의 재폐로에서 발생하지 않는 새로운 문제를 만들 수 있다. 분산전원으로 인하여 계통이 2차아크가 지속되어 재폐로가 실패할 수 있으며[1], 이에 따라 과도불안정의 문제가 발생할 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 참고문헌 [1-2]에서는 고장 발생 시 분산전원을 즉시 계통에서 분리하고 계통 이상을 복구하여야 한다고 제시하고 있다. 그렇지만, 계통 이상이 발생할 때마다 분산전원을 분리한다면 분산전원의 장점을 활용하지 못하는 것이고, 고장으로 인한 분산전원의 연속된 분리와 재병입은 계통에 또 다른 충격을 가할 수 있으며 이로 인하여 분산전원이 효율적으로 운영되지 못할 수 있다. 따라서, 분산전원의 장점을 최대한 활용할 수 있으며, 계통이 불안정해지는 것을 막기 위한 재폐로 기법이 필요하다.

본 논문에서는 분산전원을 고려한 재폐로 기법을 제시하였다. 제시된 기법은 상차각의 동요 여부 판단, EEEAC, 최적 재폐로 시간, 분산전원의 계통 재병입 등의 4개의 블록으로 구성되어 있다. 또한, 본 논문에서는 제시된 재폐로 기법을 분산전원으로서 동기발전기에 대하여 EMTP를 이용하여 시뮬레이션을 수행하여 그 결과를 검증하였다. 시뮬레이션 결과 계통의 과도 안정도를 유지할 수 있으며, 분산전원을 외란으로부터 보호할 수 있다는 것을 확인하였다.

2. 분산전원을 고려한 적응적 재폐로 기법

2.1 분산전원을 고려한 적응적 재폐로 기법

계통형태에 따른 아크고장에 대한 분산전원의 영향을 분석하면, 단거리 배전계통의 경우 계통형태에 상관없이 2차아크에 대한 분산전원의 영향이 거의 없다. 그렇지만, 중거리 이상의 배전계통의 경우 선로의 용량성 성분이 고려되기 때문에 분산전원으로 인하여 2차아크가 지속될 수 있다. 현재, 분산전원은 소규모 용량으로서 수용가 근처의 단거리 배전계통에 연계되고 있는 실정이다. 따라서, 본 논문에서는 단거리배전계통에 분산전원이 연계된 경우에 대하여 고려하였다. 이에 따라, 상기 분석결과와 같이 2차아크는 매우 빨리 소회되거나 발생하지 않는 것으로 가정하였다.

분산전원 연계가 늘어남에 따라 과도안정도에 관련된 문제 역시 증가하고 있다. 참고문헌 [3-8]에서는 분산전원의 유형, 연계 위치, penetration level에 따른 과도안정도에 미치는 영향에 대하여, 배전계통의 관점에서 발전기의 스윙은 전력과 주파수의 진동을 유발할 수 있고, 만약 적절한 연계 위치가 선택되고, penetration level이 증가한다면 과도안정

[†] 교신저자, 正會員 : 基礎電力研究員 電力시스템研究室 研究員
E-mail : hunchul12@snu.ac.kr

^{*} 正會員 : 成均館大 情報通信工學部 教授 · 工博

^{**} 正會員 : (株)태광E&C, 主任研究員, 工碩

接受日字 : 2006年 9月 11日

最終完了 : 2006年 12月 1日

도가 향상될 수 있다고 분석하고 있다. 따라서, 분산전원 연계의 증가에 따라 과도안정도를 고려할 필요가 있다. 이에 따라, 본 논문에서는 과도 안정도를 고려하기 위하여 현재 가장 널리 사용되고 있는 등면적법의 적용 여부를 검토하였다. 등면적법은 양단 모선 사이의 상차각의 변화를 이용하여 과도 안정도를 판단하는 방법으로 Radial형 배전계통의 경우 상차각의 계산을 위한 양단모선의 선정에 어려움이 있다. 반면, Loop형 배전계통의 경우 등면적법의 적용이 용이하며, 분산전원 연계계통의 경우 다기계통이므로 확장등면적법을 적용할 수 있다. 또한, 실시간으로 안정도를 판단하기 위하여 확장등면적법을 변형한 긴급확장등면적법(EEEAC)을 적용할 수 있다.

따라서, 본 논문에서는 Loop형 배전계통에 분산전원이 연계된 경우에 대한 적응적 재폐로 기법을 제시하였다. 본 논문에서 제안하는 분산전원을 고려한 적응적 재폐로 기법의 순서도는 다음 그림 1과 같다.

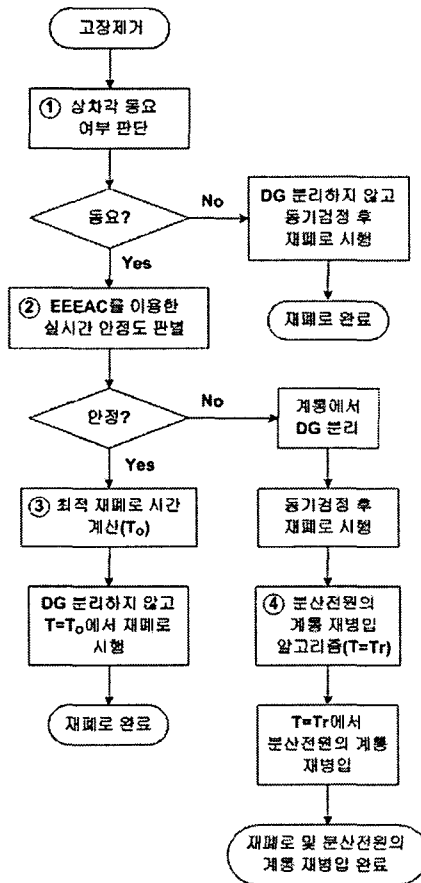


그림 1 분산전원을 고려한 적응적 재폐로 기법의 순서도
Fig. 1 The block diagram of adaptive reclosing algorithm

전력계통 과도 안정도에 대한 분산전원의 영향은 분산전원의 기술에 따라 다르게 나타난다. 동기발전기의 경우 계통의 과도 안정도에 커다란 영향을 미치며, 유도발전기 및 전력전자기기를 이용하는 경우 큰 영향을 미치지 않는다[6]. 따라서, 동기발전기의 경우는 과도 안정도를 고려할 필요가 있으며, 유도발전기의 경우와 전력전자기기를 통하여 계통에 연계된 경우는 과도 안정도에 크게 영향을 미치지 않으므로

과도 안정도를 고려하지 않아도 된다. 따라서 과도 안정도 평가의 필요 여부를 우선 결정해야 한다. 만약, 안정도 평가가 필요하지 않다면 분산전원은 유도발전기 혹은 전력전자기기를 통하여 계통에 연계된 경우로서 과도 불안정으로 인하여 계통 및 발전기가 손상을 입지 않을 것이므로 재폐로를 시행하기 이전에 분산전원을 분리하지 않아도 된다. 안정도 평가가 필요하다면, 분산전원은 동기발전기로서 만약 안정도 평가 결과 불안정으로 인하여 동기가 유지되지 못한다면 계통 및 발전기가 손상되기 때문에 재폐로를 시행하기 이전에 발전기를 명백하게 분리하여야만 하고 재폐로가 성공한다면 분산전원을 계통에 재병입하여야 한다. 안정도 평가 결과 안정하다면 재폐로 시행 이전에 분산전원을 분리하지 않아도 된다.

분산전원을 고려한 적응적 재폐로 기법은 “①상차각 동요 여부 판단, ②EEEAC를 이용한 실시간 안정도 판별, ③최적 재폐로 시간 계산, ④분산전원의 계통 재병입 알고리즘”의 4개의 블록으로 구성되어 있다. 블록 ②와 블록 ③은 참고문헌 [9-11]에 제시되어 있으며, 나머지 블록은 다음과 같다.

2.1.1 상차각 동요 여부 판단

상차각의 동요 여부는 현재 샘플에서 계산한 상차각과 이전 샘플에서 계산한 상차각의 차이를 이용하여 판단할 수 있다. 그 차이가 일정시간 이상 매우 작은 값으로 유지된다면 상차각의 동요가 없는 것으로 판단할 수 있고, 그렇지 않다면 상차각의 동요가 있는 것으로 판단할 수 있다. 이러한 방법을 이용한 상차각 동요 여부 판단 알고리즘의 순서도는 다음 그림 2와 같다.

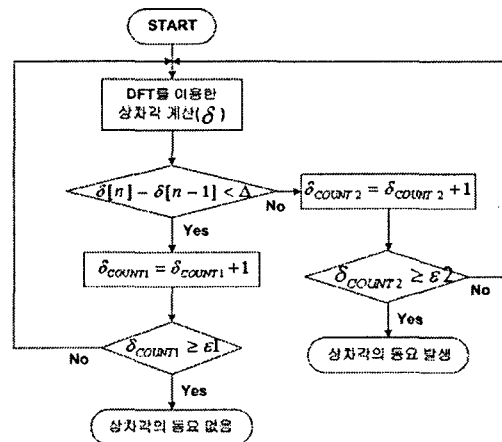


그림 2 상차각 동요 여부 판단 알고리즘의 순서도
Fig. 2 The block diagram of angle oscillation's judgment method

Δ 는 0에 가까운 매우 작은 값이다. ϵ_1 과 ϵ_2 는 현재 샘플에서의 상차각과 이전 샘플에서의 상차각의 차이가 각 조건에 대하여 일정시간 이상 유지되는지 확인하기 위한 최소 값이다. 본 논문에서는 Δ 는 0.01, ϵ_1 과 ϵ_2 는 24로 설정하였다.

2.1.2 분산전원의 계통 재병입 알고리즘

계통이 불안정하게 될 것으로 추정되어 분산전원을 계통에서 분리한 후 재폐로 할 경우 재폐로가 성공하면 분산전원을 계통에 재병입을 할 필요가 있다. 만약 계통에 재병입하지 않는다면 분산전원이 연계된 경우에 비하여 발전원의 손실을 의미하며, 이에 따라 전기품질 관련문제(voltage sag 등), 보호측면 등 여러 가지 문제가 발생할 수 있다. 따라서, 고장 발생 후 재폐로를 위하여 만약 분산전원을 분리하였다면, 재폐로 성공 후 분산전원을 계통에 재병입하여야 한다. 이에 대하여 참고문헌 [12]에서 다음과 같이 규정하고 있다.

- 계통에서 이상이 발생하여 전력계통을 정상으로 복구한 후, 전력계통의 전압과 주파수가 정상상태로 5분간 유지되지 않는 한 분산형 전원 발전설비를 다시 계통에 연결하여서는 안 된다.

이러한 규정을 바탕으로 본 논문에서 제안한 분산전원의 계통 재병입 알고리즘은 다음 그림 3과 같다. 계통의 순시치 전압을 토대로 실초치 전압을 계산한다. 계산된 현재 sample에서의 rms 값과 그 이전 sample에서의 rms 값의 차이를 구한다. 주파수의 경우 계통 주파수 추정을 위하여 DFT를 이용한다. 주파수 추정 후 현재 sample에서의 주파수와 그 이전 sample에서의 주파수의 차이를 구한다. 전압 및 주파수의 현재 sample과 이전 sample에서의 값의 차이가 충분히 작은 상태로 어느 일정 sample 만큼 지속된다면 정상상태로 간주할 수 있다.

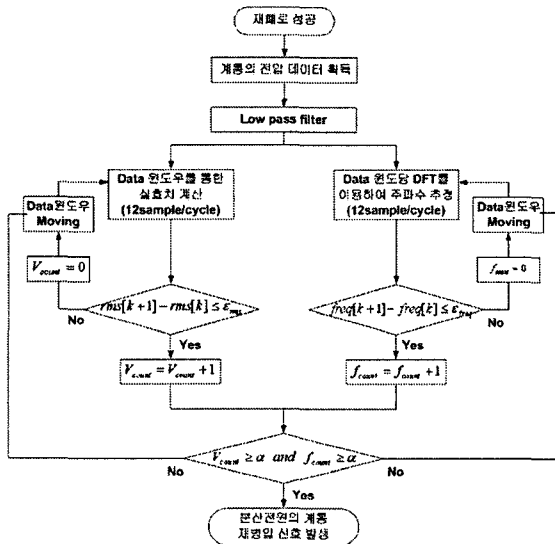


그림 3 분산전원의 계통 재병입 알고리즘의 순서도
Fig. 3 The block diagram of reconnection algorithm

그림 3에서 알 수 있듯이 샘플간의 값의 차이가 일정한 상태로 유지되는가 확인하기 위하여 count를 계산한다. 여기서 count는 샘플 수로 간주할 수 있고, 5분간 정상상태로 유지되는가 확인하기 위해서는 α 에 5분의 해당하는 샘플 수인 216,000을 대입하면 된다.

3. 시뮬레이션

시뮬레이션을 위한 계통 모델은 그림 4와 같고[13], 분산전원의 위치는 모선 D로 가정하였다. 고장은 2초에 발생하고 지속시간은 10cycle이다 또한, 고장 종류는 2선지락 아크 고장으로, EMTP 아크모델은 참고문헌 [14]에서 개발된 기법을 사용하였다. 분산전원 중 동기발전기는 EMTP의 Type 59 모델을 이용하여 모델링 하였다[15].

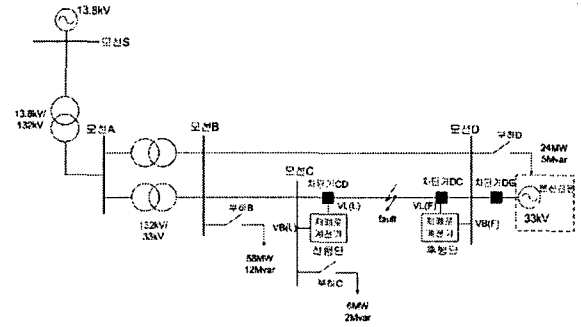


그림 4 Loop형 모델 배전계통
Fig. 4 Loop model of distribution system

본 논문에서 제시한 각 알고리즘의 수행시간은 ① 상차각 동요여부 판단: 2cycles, ② 실시간 안정도 판별: 33cycles이다. 또한, ③ 최적 재폐로 시간 계산은 발전기 위상각의 변화를 통하여 계산되고, ④ 계통 재병입 알고리즘은 계통의 전압과 주파수에 의하여 수행시간이 결정되므로, 특별하게 정해진 수행시간은 없다

3.1 동기발전기의 경우

3.1.1 사례 1-EEEAC를 통한 안정도 판단 결과 안정한 경우

다음 그림 5는 양 모선사이의 상차각의 변화이다.

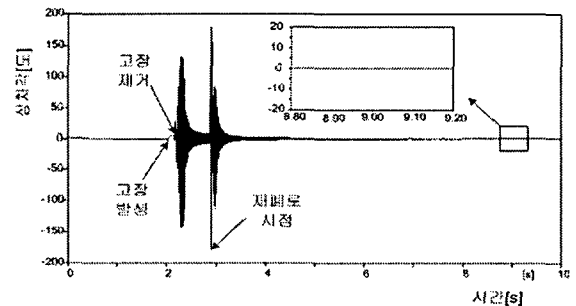


그림 5 상차각의 변화(안정한 경우)
Fig. 5 Phase angle between two buses(stable case)

2초에서 고장이 발생한 후 2.167초에서 고장이 제거되고, 상차각의 동요가 있는 것을 확인할 수 있다. 따라서, 안정도를 판단한 후 재폐로를 시행하게 된다. EEEAC를 통하여 안정도를 판단한 결과 안정으로 판단되어 분산전원을 분리

하지 않고 재폐로를 시행하게 된다. 재폐로는 최적 재폐로 시간인 약 2.9초경에 시행하게 된다. 재폐로 후 상차각은 다시 동요가 발생하지만, 점점 안정해지는 것을 확인할 수 있다.

3.1.2 사례 2-EEEAC를 통한 안정도 판단 결과 불안정한 경우

다음 그림 6은 계통이 불안정한 경우에, 본 논문에서 제안한 알고리즘이 적용되지 않은 경우의 상차각의 변화이다. 그림 6에서 알 수 있듯이 상차각의 동요가 계속 발생하는 것을 알 수 있다. 이를 통하여 발전기가 외란을 견디지 못하고 탈조해 버린 것을 알 수 있다. 만약 발전기를 계속 계통에 연계시킨다면, 발전기뿐만 아니라 계통은 커다란 손상을 입게 될 것이다. 따라서, 계통의 불안정을 막기 위하여 제안된 분산전원을 고려한 적응 재폐로 기법과 같이 EEEAC를 통해 안정도를 판단하여 불안정한 경우에 분산전원을 계통에서 분리하여야 한다. 또한 재폐로가 성공했으면, 분산전원을 계통에 재병입하여야 한다.

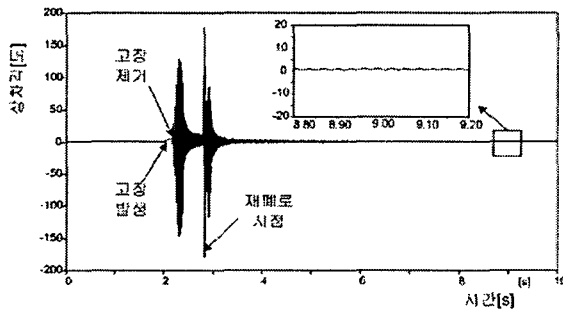


그림 6 상차각의 변화(제안된 알고리즘이 적용되지 않았을 때)

Fig. 6 Phase angle between two buses (Proposed algorithm is no employed).

만약, 한국전력공사의 규정과 같이 계통을 정상상태로 복구한 후 5분의 정상상태 지속시간을 확인하고 분산전원을 재병입 한다면, 전력품질, 보호측면 등의 관점에서 볼 때 비효율적이라고 할 수 있다. 계통의 안정도, 신뢰성 향상을 위해서는 재폐로 후 가능한 빠른 시간 내에 분산전원을 계통에 재병입해야 할 필요가 있다. 따라서, 본 논문에서는 정상상태 지속시간 확인 시간을 5초로 하여 모의한 경우와 실제 한국전력공사의 규정인 5분을 모의한 경우에 대하여 주파수 및 상차각을 비교하여 정상상태 지속시간을 줄여도 되는지 여부를 판단하였다.

3.1.2.1 주파수의 변화

다음 그림 7은 한국전력공사의 분산전원의 계통 재병입 규정과 같이 5분의 정상상태 지속시간을 확인하고 분산전원의 재병입을 시행한 경우 즉, 그림 3의 α 에 216,000을 대입한 경우의 주파수의 변화이다. 또한, 다음 그림 8은 5초의 정상상태 지속시간을 확인한 후 분산전원이 계통에 재병입 하도록 모의한 경우 즉, α 에 3,600을 대입한 경우의 주파수의 변화이다.

두 경우 모두 2초에 고장이 발생한 후 약 1초 후인 3초경에 재폐로가 시행되었다. 계통의 이상 복구 후 5분의 정상상태 지속시간을 확인하고 분산전원의 계통 재병입 시행한 경우, 그림 7에서 알 수 있듯이 303초경에 분산전원이 계통에 재병입 되며, 5초의 정상상태 지속시간을 확인하고 분산전원의 계통 재병입 시행한 경우, 그림 8에서 알 수 있듯이 8초경에 분산전원이 계통에 재병입 된 것을 알 수 있다

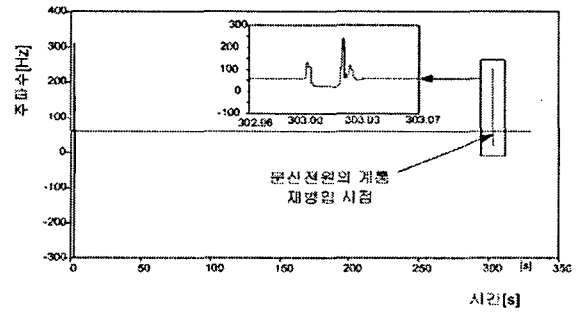


그림 7 5분의 정상상태 지속시간을 확인하고 분산전원의 재병입을 시행한 경우 주파수 변화

Fig. 7 Frequency variation when the reconnection time based on KEPCO's rule(five minutes) is applied.

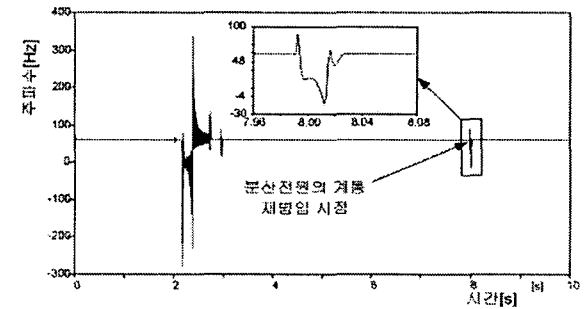


그림 8 5초의 정상상태 지속시간을 확인하고 분산전원의 재병입을 시행한 경우 주파수 변화

Fig. 8 Frequency variation when the faster reconnection time(five seconds) is applied.

그림 7과 8의 두 결과를 비교하기 위하여, 분산전원의 계통 재병입 이후 주파수의 동요정도 및 동요 시간을 조사하였으며, 그 결과는 다음 표 1과 같다.

표 1 주파수의 동요정도 및 동요기간
Table 1 Maximum deviation and oscillation duration of frequency

Reconnection time	Indicator	Maximum Deviation	Oscillation Duration
5분		218	0.035s
5초		104	0.035s

표 1에서 알 수 있듯이, 두가지 경우 모두 재병입 후 주파수가 변화하며 약 0.035초(2cycle) 후 다시 정상상태의 주파수를 회복하는 것을 확인할 수 있다. 그렇지만 5초의 정

상상태의 지속시간을 확인한 경우 주파수의 변화정도가 더 작은 것을 알 수 있다.

3.1.2.2 상차각의 변화

다음 그림 9는 한국전력공사의 분산전원의 계통 재병입 규정과 같이 5분의 정상상태 지속시간을 확인하고 분산전원의 재병입을 시행한 경우 즉, 그림 3의 α 에 216,000을 대입한 경우의 상차각의 변화이다. 또한, 다음 그림 10은 5초의 정상상태 지속시간을 확인한 후 분산전원이 계통에 재병입하도록 모의한 경우 즉, α 에 3600을 대입한 경우의 상차각의 변화이다. 두 경우 모두 2.167초에서 고장이 제거된 후 양모선 상차각의 동요가 발생하여 EEEAC를 통한 안정도 평가를 시행하게 되며, 그 결과, 불안정한 것으로 판단되어 분산전원을 분리한 후 2.95초 경에 재폐로를 시행하게 된다. 재폐로 후 전압과 주파수의 변화가 거의 없으므로 정상상태로 간주되어, 분산전원의 계통 재병입 알고리즘에 따라 그림 9의 경우는 약 303초경에, 그림 10의 경우는 약 8초경에 분산전원이 계통에 재병입 된다.

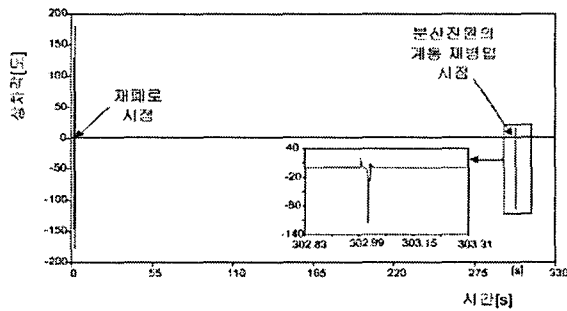


그림 9 5초의 정상상태 지속시간을 확인하고 분산전원의 재병입을 시행한 경우 상차각의 변화

Fig. 9 Phase angle variation between two buses when the faster reconnection time(five seconds) is applied.

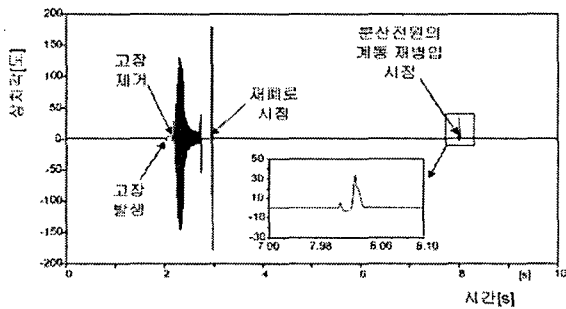


그림 10 5분의 정상상태 지속시간을 확인하고 분산전원의 재병입을 시행한 경우 상차각의 변화

Fig. 10 Phase angle variation between two buses when the reconnection time based on KEPCO's rule(five minutes) is applied.

두 경우의 비교를 위하여, 주파수의 변화와 마찬가지로 상차각의 동요 정도 및 동요 기간을 조사하였으며 그 결과는 다음 표 2와 같다. 두 가지 경우 모두 분산전원의 계통

재병입 시 상차각의 동요가 발생하며 약 0.05초(3cycle) 후 상차각의 동요가 없어진다. 그렇지만, 5분의 정상상태 지속시간을 확인한 후 재병입한 경우는 상차각 동요 정도가 132°정도 되는 반면, 5초의 정상상태 지속시간을 확인한 후 재병입한 경우는 22.5°정도로 5초의 정상상태 지속시간을 확인한 경우가 상차각의 동요 정도가 더 작은 것을 알 수 있다.

표 2 상차각의 동요정도 및 동요기간

Table 2 Maximum deviation and oscillation duration of phase angle variation between two buses

Indicator	Maximum Deviation	Oscillation duration
5분	132°	0.05s
5초	22.5°	0.05s

3.1.2.3 결과 검토

고장 제거 후 EEEAC를 통한 안정도 판단 결과 불안정한 경우 분산전원을 분리한 후 재폐로를 시행하면 재폐로가 성공적으로 시행되며, 계통은 계속적으로 안정을 유지하는 것을 확인할 수 있다. 재폐로 시행 후 분산전원의 계통 재병입을 위하여 정상상태 지속시간을 5분으로 한 경우와 이 시간을 줄인 경우(5초로 한 경우)에 대하여 주파수 및 상차각의 동요 여부를 비교하였다. 두 가지 경우 모두 분산전원의 계통 재병입 시 주파수 및 상차각의 동요가 발생하지만, 주파수는 2cycle 후 정상상태의 주파수를 회복하고 상차각은 3cycle 후 동요가 없어지는 것을 확인하였다. 또한, 그 동요 정도는 주파수와 상차각 모두 5초의 정상상태 지속시간을 확인한 경우가 더 작은 것을 알 수 있었다.

따라서, 재폐로를 위하여 분산전원을 분리한 경우, 계통의 안정도 및 신뢰성 향상을 위하여 본 논문에서 제안한 계통 재병입 알고리즘을 토대로 정상상태 지속시간 확인시간을 줄여도 된다.

4. 결 론

본 논문에서는 분산전원을 고려한 재폐로 기법을 제시하였다. 동기발전기에 기반을 둔 분산전원의 경우 상차각의 동요가 발생하므로 과도 안정도의 판단이 필요하다. 안정도를 판단하여 안정한 경우에는 분산전원을 분리할 필요가 없으며, 최적 재폐로 시간에 재폐로 함으로서 과도 안정도 또한 향상시킬 수 있었다. 불안정한 경우, 분산전원을 분리한 후 성공적으로 재폐로가 시행됨을 시뮬레이션 결과 확인할 수 있었다. 또한, 분산전원의 계통 재병입 알고리즘에 따라 성공적으로 분산전원이 계통에 재병입 되는 것을 확인할 수 있었다. 특히, 분산전원의 계통 재병입 시 한국전력공사의 규정에는 계통의 이상 복구 후 분산전원의 계통 재병입 위하여 주파수와 전압이 5분간 정상상태로 유지되어야 한다고 제시하고 있지만, 본 논문에서 제안한 계통 재병입 알고리즘에 따라 그 시간을 5초 정도의 짧은 시간으로 줄인 경우 오히려 전력품질 및 보호측면에서 더욱 효율적임을 확인할 수 있었다.

따라서, 배전계통에서 분산전원의 연계 시 본 논문에서

제안한 분산전원을 고려한 적응 재폐로 알고리즘에 따라 재폐로를 시행한다면, 외란 발생 시 무조건 분산전원을 분리한 후 재폐로 할 필요가 없으므로, 분산전원의 장점을 유지할 수 있을 것이다. 또한, 외란에 따른 계통 불안정으로부터 분산전원을 보호할 수 있으므로 더욱 효율적이고 신뢰성 있는 분산전원 운용을 기대할 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

[1] L. K. Kumpulainen, K. T. Kauhaniemi, "Analysis of Impact of Distributed Generation on Automatic Reclosing", Power Engineering Society Winter Meeting, 2004 IEEE PES, Vol 1. pp 603-608.

[2] "IEEE Guide for Automatic Reclosing of Line Circuit Breakers for AC Distribution and Transmission Lines", IEEE Power Engineering Society.

[3] Johannes Gerlof SLOOTWEG, "Wind Power Modelling and Impact on Power System Dynamics", Delft University, Doctor's thesis, 2003.

[4] CIGRE TASK FORCE 38.01.10, "MODELLING NEW FORMS OF GENERATION AND STORAGE", November, 2000.

[5] F. V. Edwards, G. J. W. Dudgeon, J. R. McDonald, W. E. Leithead, "Dynamics of Distributed Networks with Distributed Generation", Power Engineering Society Summer Meeting, July 2000, IEEE, Vol. 2, pp.1032-1037.

[6] J.G. Sootweg, W.L. Kling, "Impacts of Distributed Generation on Power System Transient Stability", Power Engineering Society Summer Meeting, 2002 IEEE, Vol 2, pp.862-867.

[7] M.Reza, P.H.Schavemaker, J.G.Sootweg, W.L.Kling, L.van der Sluis, "Impacts of Distributed Generation Penetration Levels on Power Systems Transient Stability", Power Engineering Society General Meeting, 2004 IEEE, Vol 2, pp.2150-2155.

[8] Ahmed M.Azmy, Istvan Erlich, "Impact of Distributed Generation on the Stability of Electrical Power Systems", Power Engineering Society General Meeting, 2005 IEEE, Vol 2, pp.1056-1063.

[9] 허정용, 김철환, "송전선로의 과도 안정도를 고려한 적응 자동재폐로 기법", Trans. KIEE, Vol 52, No 12, pp.698-704, Dec. 2003.

[10] L.Y. Qun, Tenglin, L.W. Shun, L.J. Fei, "The Study on Real-Time Transient Stability Emergency Control in Power System", in Proc. 2002 IEEE CCECE Canadian Conf., Vol.1, pp. 138-143.

[11] Baohui. H. Zhang, Yuchun. C. Yuan, Zhe Chen, "Computation of Optimal Reclosure Time for Transmission Lines", IEEE Trans. on Power Systems, Vol. 17, No. 3, pp. 670-675, 2002.

[12] 윤기갑, "분산형전원 계통연계 기술기준(안)", 전기의

세계, Vol.54, No.3, pp38-43, 2005.

[13] S.M. Yeo, C.H. Kim, "Analysis of System Impact of the Distributed Generation using EMTP with Particular Reference to Protection Strategies", IFAC Symposium on Power Plants & Power System Control, Korea, pp.897-902, Sep. 2003.

[14] S.P. Ahn, C.H. Kim, R.K. Aggarwal, A.T. Johns, "An Alternative Approach to Adaptive Single Pole Auto-Reclosing in High Voltage Transmission Systems Based on Variable Dead Time Control", IEEE Trans. on Power Delivery, Vol. 16, No. 4. pp. 667-677, 2001.

[15] "Alternative Transients Program ATP Rule Book", EEUG, Canadian/American EMTP User Group.

저 자 소 개



서 훈 철 (徐 熏 徹)

1982년 1월 19일생. 2004년 성균관대 정보통신공학부 졸업. 2006년 동 대학원 박사과정 입학. 현재 기초전력연구원 전력시스템연구실 연구원
Tel : 02-880-7587
Fax : 02-883-0827
E-mail : hunchul12@snu.ac.kr



김 철 환 (金 喆 煥)

1961년 1월 10일생. 1982년 성균관대 전기공학과 졸업. 1990년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학). 현재 성균관대 정보통신공학부 교수, 차세대전력기술연구센터
Tel : 031-290-7124
Fax : 031-290-7179
E-mail : hmwkim@hanmail.net



여 상 민 (呂 相 敏)

1976년 7월 21일생. 1999년 성균관대 전기공학과 졸업. 2003년 동 대학원 정보통신공학부 박사과정 수료. 현재 (주)태광이엔시 부설연구소 주임연구원
Tel : 031-467-8409
Fax : 031-469-1049
E-mail : harc@chollian.net