

THD를 이용한 적응형 재폐로 방법 적용 시 과도 안정도에 미치는 영향

강성범*, 서훈철*, 이명희**, 김철환*
성균관대학교*, 켈파워**

Effect on Transient Stability According to Application of Adaptive Autoreclosure Using THD

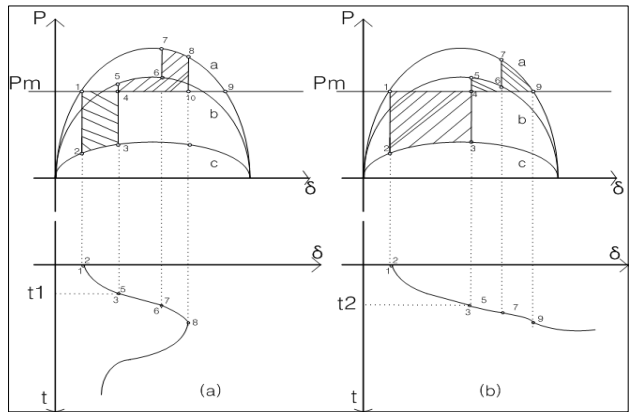
Sung-Bum Kang*, Hun-Chul Seo*, Myong-Hee Lee**, Chul-Hwan Kim*
Sungkyunkwan University*, Xelpower **

Abstract -This paper compares the effect on transient stability by according to application of adaptive autoreclosure using THD with the one of conventional autoreclosure. These two autoreclosure methods are modeled by EMTP/MODELS and simulated according to various fault locations and fault clearing times. This paper analyzes transient stability using simulation results.

회전자는 멈추게 된다. 발전기 회전자는 비동기 회전을 하게 되고 안정도를 잃어버리게 된다[3].

1. 서론

자동 재폐로는 전력계통의 용량, 신뢰성, 안정도 향상을 위한 경제적이고 효과적인 방법이다. 일반적인 재폐로 계전기의 경우 차단기가 트립되고 난 이후 지정된 시간 후에 자동으로 재폐로 하는 방식을 이용하고 있다. 반면 적응형 재폐로의 경우 차단기가 트립되고 난 후 일시고장을 다양한 방법으로 판별하고, 2차 아크 소호 이후 재폐로를 수행하는 방식을 이용하고 있다. 기존의 적응형 재폐로 방안 중 고장상 전압의 고조파 성분 분석을 통한 적응형 재폐로 방안은 전압이나 전류 등 계통의 상태를 실시간 감시함으로써 최적의 재폐로 시점을 산출한 뒤 재폐로를 수행하는 방안을 말한다[1-2].



〈그림 1〉 성공적인 재폐로를 위한 가속 면적과 감속 면적 (a)안정한 경우 (b) 불안정한 경우

자동 재폐로는 과도 안정도 향상에 영향을 미치는데 여기서 과도 안정도는 외란이 발생한 후 정상 상태를 다시 회복하고 과도적인 조건에서 동기운전을 유지할 수 있는 전력 계통의 특성을 말한다. 고장으로 인한 차단기의 트립 이후에 일반적인 재폐로 계전기와 적응형 재폐로 계전기의 차단기 재폐로는 계통에 가해지는 충격을 줄일 수 있고, 안정도를 향상시킬 수 있기 때문에 재폐로 기법이 필요하다.

2.2 적응형 재폐로

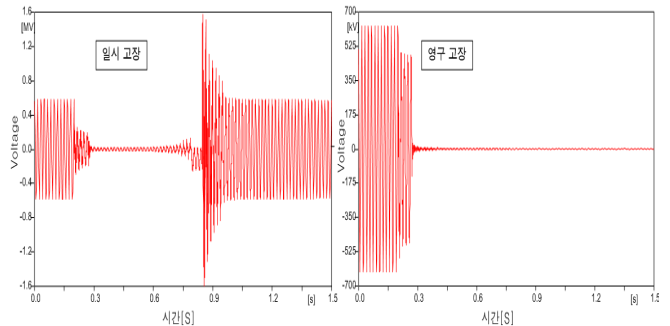
따라서 본 논문에서는 THD를 이용한 적응형 재폐로 방법 적용시 과도 안정도에 미치는 영향을 분석하였다. 적응형 재폐로 알고리즘은 EMTP MODELS를 이용하여 구현 하였으며, 재폐로 계전기의 고장제거 시간, 고장거리를 변화시키면서 모의하였다. 그리고 영구고장 시 일반적인 재폐로 계전기와 적응형 재폐로 계전기를 비교하여, 과도 안정도에 미치는 영향을 비교하였다.

본 논문에서 사용한 적응형 재폐로는 STFT를 이용하여 구해진 고장상 전압 파형의 Total harmonic distortion (THD)의 변화양상을 분석하여 THD 값이 정해진 값을 초과 하였을 경우 일시고장과 영구고장을 구분하는 방법이다. 홀수차 고조파에 대한 짝수차 고조파 값이 일정한 값 이하가 되는 지점에서 이차아크 소호시점을 파악하고, 이차아크가 소호되는 지점에서 재폐로 되는 이 적응형 재폐로는 불필요한 무전압 시간을 최소화 시키고, 기존 단상 재폐로 방안의 두 가지 문제점(영구고장 시 재폐로 수행, 불필요한 무전압 시간)을 효과적으로 개선할 수 있다 [4].

2. 과도 안정도와 적응형 재폐로

2.1 과도 안정도

안정도는 정상상태 안정도와 과도 안정도로 구분되며, AVR 및 조속기 등이 갖는 제어효과까지도 고려한 동태 안정도를 포함해서 계통의 과도 안정도 문제를 취급하는 것이 일반적이다.



〈그림 2〉 일시고장 및 영구고장 시 THD를 이용한 적응형 재폐로 계전기 적용시 송전단 계전점에서 측정된 전압파형

과도 안정도는 송전선로 고장, 발전기 또는 대규모 부하의 탈락 등에 의한 외란이 일어났을 때, 과도적인 조건에서 동기운전을 유지할 수 있는 전력 계통의 특성을 말한다. 즉 과도적인 상태에서의 전력-상차각 특성을 시간 요소까지 고려하는 것이다.

3. 시뮬레이션

과도 안정도에 영향을 미치는 요소로는 발전기 중부하 운전정도, 고장시의 발전기 출력, 고장제거 시간, 발전기 자체 리액턴스, 계통 축의 전압크기 등이 있다[3-5].

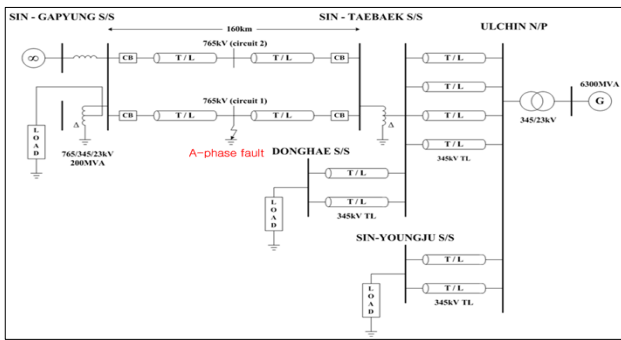
3.1 계통 모델

2.1.1 과도 안정도 해석

그림 1에서 P_m 은 기계적인 전력을 의미하고, 'a'는 고장 이전 상태, 'b'는 고장 상태, 'c'는 고장 제거 이후 상태이다. 모든 경우에 가속 전력 1-2는 고장 동안에 회전자를 2에서 3까지 가속시킨다. 선로가 트립될 때 동작 점은 5로 옮겨가고, 연은 운동 에너지 때문에, 특성 b를 따라서 움직인다. 아크를 소호하는데 필요한 자동 재폐로 시간 후에, 자동 재폐로는 선로를 다시 연결시키고 시스템은 6에서 고장 이전의 상태인 7로 이동한다. 위상각은 안정한 경우에 a를 따라서 8로 이동하고, 감속 면적 4-5-6-7-8-10은 가속 면적 1-2-3-4와 동일하다. 계통은 8-9-10에 따른 안정 여유(stability margin)를 가진 채 안정해진다. 그림 1의 (b)와 같이 불안정한 경우에, 증가된 제거 시간은 가속 면적 1-2-3-4를 더 크게 해서 이용 가능한 감속 면적은 이 에너지를 흡수하기에는 너무 작아서

본 논문에서는 일반적인 재폐로 계전기와 적응형 재폐로 계전기의 과도 안정도 분석을 위해서 국내 신가평-신대백간 765kV 송전계통을 사용하였다. 일시고장 모의 시에는 Saul Goldberg의 아크모델을 모델 계

통에 적용하였으며, 영구고장 모의 시에는 선형저항 5Ω 을 모델 계통에 적용하였다[4].



<그림 3> 계통 모델

3.2 시뮬레이션 조건

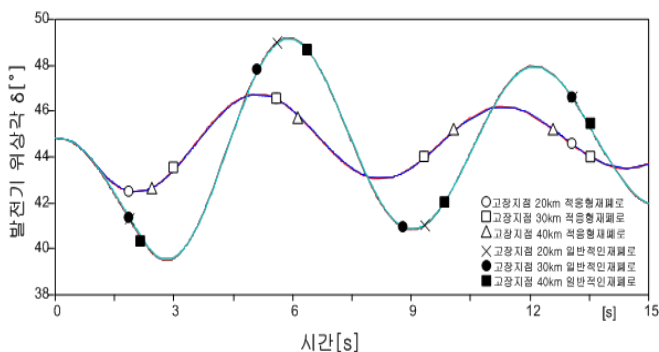
본 논문에서는 THD를 이용한 적응형 재폐로 계전기가 과도 안정도에 미치는 영향을 분석하기 위해 일반적인 재폐로 계전기와 비교하여 모의하였다. 다음 표 1에서 제시된 조건에 따라 고장을 모의하였다. 일반적인 재폐로의 경우 차단기 트립 이후 2초 후에 재폐로 하도록 설정하였다.

<표 1> 모의 조건

Case	비교 조건	공통 모의 조건
Case1	송전단으로부터의 고장거리 (20km, 30km, 40km)	고장 발생 시간: 0.2[s] 전압검정 소요 시간: 0.008333[S] 차단기 투입 및 개방 소요시간: 0.05[S]
Case2	고장 제거 시간 (2cycle, 5cycle, 10cycle)	
Case3	영구 고장	

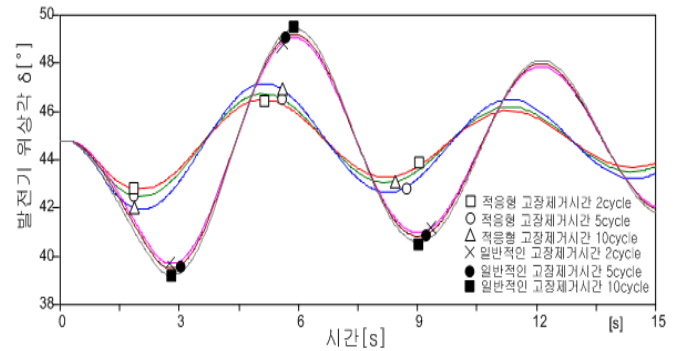
3.3 시뮬레이션 결과

다음 그림 4 ~ 그림 6은 표 1의 조건을 EMTF를 이용하여 시뮬레이션한 결과를 나타낸다. 그림 4는 표에서 Case1의 모의결과로서 고장을 제거하기 위한 시간은 5cycle, 발전기 위상각은 25.7° 이다. 고장거리가 변화해도 적응형 재폐로와 일반적인 재폐로 모두 변화하기 전과 같은 위상각 변화를 나타내고 있다. 적응형 재폐로 계전기의 경우 일반적인 재폐로 계전기에 비해서 위상각의 변화 폭선이 크지 않고 고장 이전의 발전기 위상각으로 더 빠르게 수렴하여 안정된다.



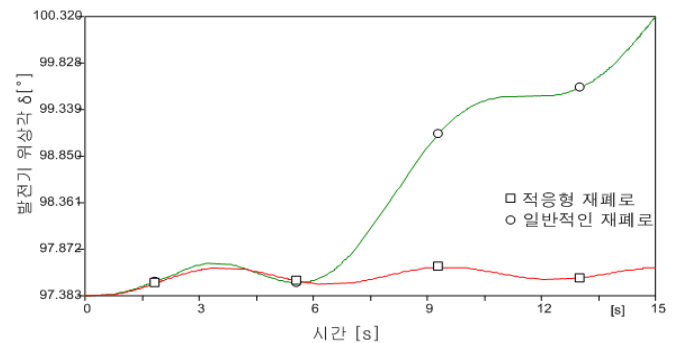
<그림 4> Case 1의 파형

그림 5는 표 1에서 Case 2의 모의결과로서 발전기 위상각은 25.7° 이고, 송전단으로부터의 고장거리는 20km이다. 고장 제거 시간이 2cycle, 5cycle, 10cycle로 증가했을 때 일반적인 재폐로 계전기와 적응형 재폐로 계전기의 발전기 위상각 변화를 보여준다. 적응형 재폐로 계전기의 경우 고장 제거 시간이 증가할수록 일반적인 재폐로 계전기보다 위상각 폭선이 큰 변화를 갖는 것을 확인할 수 있다. 하지만 전체적인 위상각 변화 폭선을 비교해보면 적응형 재폐로 계전기의 경우가 변화 폭이 더 적고 더 빠르게 고장 이전 초기 발전기 위상각으로 수렴하여 안정되므로 적응형 재폐로 계전기가 더 나은 과도 안정도를 갖는다고 볼 수 있다.



<그림 5> Case 2의 파형

그림 6은 표에서 Case 3의 모의결과로서 송전단으로부터의 고장거리는 20km이고, 고장을 제거하기 위한 시간은 5cycle, 발전기 초기 위상각은 70° 이다. 영구고장이 발생하였을 때 적응형 재폐로 계전기와 일반적인 재폐로 계전기의 발전기 위상각 변화를 보여준다. 적응형 재폐로 계전기의 경우 0.68325초에 영구고장을 판별하고, 차단기를 재폐로 하지 않고 트립인 상태를 유지하는 반면 일반적인 재폐로 계전기의 경우 영구고장이 발생했을 때, 고장이 제거되지 않은 채 차단기를 재폐로 하게 된다. 고장이 제거되지 않은 채 재폐로 되기 때문에 안정도를 잃어버리게 되고, 이로 인해 폭선은 고장 발생 전 위상각으로 수렴하지 않고 발산하게 된다. 적응형 재폐로 계전기의 경우 안정한 상태를 유지하고 고장 발생 전 초기 위상각으로 수렴하게 된다.



<그림 6> Case 3의 파형

4. 결 론

본 논문에서는 THD를 이용한 적응형 재폐로 방법 적용시 과도안정도에 미치는 영향을 분석 하였다. 시뮬레이션 결과, 적응형 재폐로 계전기는 일반적인 재폐로 계전기와 비교하였을 때 불필요한 무전압 시간을 줄이고, 영구고장 시 재폐로 수행을 하지 않음으로써 더 나은 과도 안정도를 갖는다고 평가할 수 있다.

[참 고 문 헌]

- [1] P. Kundur, "Power system stability and control", McGraw-hill, 2006
- [2] Zoran M. Radojevic, Joong-Rin Shin. "New Digital Algorithm for Adaptive Reclosing Based on the Calculation of the Faulted Phase Voltage Total Harmonic Distortion Factor", IEEE Trans. on Power Delivery, Vol. 22, pp. 37-41, Jan. 2007
- [3] Jan Machowski, Janusz W. Bialek, James R. Bumby, "Power System Dynamics and Stability", John Wiley&Sons, 1997
- [4] 이철문, 김철환, "전압파형의 THD를 이용한 영구/일시고장 판별 적응형 재폐로 기법", 대한전기학회논문지, Vol. 8, No. 8, pp. 1347-1505, 8.2010
- [5] 대한전기학회, "최신 배전시스템공학", 북스힐, 2006