2011년도 대한전기학회 하계학술대회 논문집 2011. 7. 20 - 22

PMU 기반 실시간 과도안정도 판정을 위한 고려사항 검토

서상수*, 김동준*, 김석주*, 문영환*
한국전기연구원*

A Study for Considering PMU based Online Transient Stability Assessment

Sangsoo Seo*, Dong-Joon Kim*, Seog-Joo Kim*, Young-Hwan Moon*
Korea Electrotechnology Research Institute*

Abstract - 한전계통에서는 대규모 발전단지 인출 송전선로 고장 시 발전기 과도 안정도 향상을 위한 발전기 제어 대책을 수립하여 운영하고 있다. 이러한 대책을 SPS(Special Protection System)이라고 한다. SPS는 인출 송전선로 고장정지에 따른 과도안정도 평가를 오프라인을 통하여 사전에 모의·분석하여 수립된다. 그러나 대상 계통은 보수적 운영을 위해 가장 가혹한 조건을 선정하여 검토한다. 그러나 차단 대수는 검토 대상 계통에 따라 달라질 수 있다. 그래서 필요한 기술이 실시간 과도안정도 평가 기술이다. 본 논문에서는 PMU기반의 실시간 과도 안정도 평가시 고려해야할 사항에 대하여 검토하였다.

1. 서 론

한전계통의 주요 발전원은 사회·경제적 제약에 의해 비수도권에 위치한다. 또한 늘어나는 부하 수급을 유지하기 위해 단위 발전소 또한 규모가 커지고 있다. 이에 따라 대용량 발전단지에는 고용량의 인출 송전선로가 설치 운영 중이다. 그러나 이 인출 송전선로가 고장정지 되면 해당 송전선로로 전력을 전송하던 발전기는 출력되는 발전력을 다른 우회선로가 감당하지 못하게 되면 동기 탈조하게 된다. 이에 따라 한국전력거래소에서는 대규모 발전단지 인출 송전선로 고장 시 발전기 과도 안정도 향상을 위한 발전기 제어 대책을 수립하여 운영하고 있다. 이러한 대책을 SPS(Special Protection System)이라고 한다. SPS는 인출 송전선로 고장정지에 따른 과도안정도 평가를 오프라인을 통하여 사전에 모의·분석하여 수립된다.

송전선로 고장정지 시 전력계통의 과도안정도 향상을 위한 대책 방안은 여러 가지가 있으나, 가장 확실하고 널리 이용되는 대책은 사고 지역 발전기의 차단이다[1]. 발전기 차단 대수 산정을 위한 검토 계통은 당해 연도의 하계 첨두치 부하의 경우를 가정(가장 가혹한 조건)하여 수립한다. 그리고 한번 결정된 차단양은 년 중 바뀌지 않고 운전하게 된다. 그러나 송전선로 고장 정지 시 과도안정도 향상을 위한 발전기 차단 대수는 계통 상황에 따라 달라진다. 그러므로 변화하는 계통 상황에 맞는 과도안정도 검토를 하게 되면 가장 가혹한 조건에서 설정된 발전기 차단 대수를 현재 상황에 맞게 줄일 수 있다. 이에 가장 필요한 기술이 Online 과도안정도 평가 기술이다.

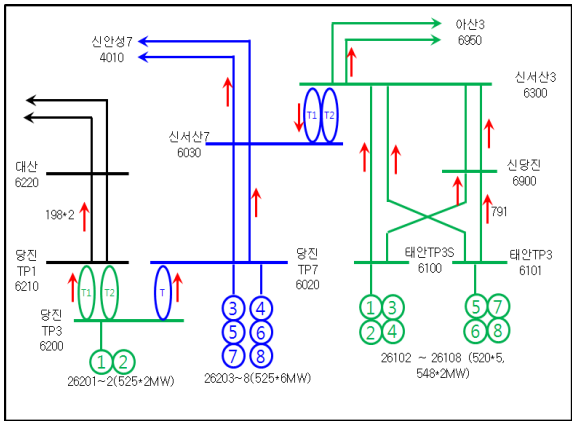
Online 과도 안정도 평가 기술은 향상된 계통 측정 장비인 PMU(Phasor Measurement Unit)보급화 되면서 본격적으로 논의되기 시작하였다. 이에 여러 논문에서 PMU를 활용한 Online 과도안정도 평가 방법에 대하여 서술하고 있다[2-4]. 기존의 오프라인 분석을 통한 과도안정도 평가에서는 전 계통 데이터를 활용하여 분석하였으나, PMU를 활용한 Online 과도 안정도 평가 시에는 빠르고 정확한 계산을 위해 단순화된 지표가 필요하게 된다. 또한 계통 상황에 따라 과도안정도 평가는 달라지므로 과도안정도 평가 요소를 다르게 하는 요인에 대한 분석이 필요하다. 그러므로 본 논문에서는 이러한 과도안정도 평가 시 고려해야할 요인에 대하여 분석하고자 한다.

2. 본 론

2.1 당진화력 발전기 과도안정도 평가

본 논문에서는 당진화력 발전단지의 과도안정도 평가에 대하여 고려하였다. 그림 1은 당진화력 발전단지의 주변 계통도를 나타내고 있다. 당진화력의 경우 총 8기가 운전중이며 대부분의 전력은 765kV라인을 통해서 수도권으로 공급된다. 또한 765kV 선로는 태안발전력의 일부를 담당한다. 그림에서 파란색은 765kV 모선과 선로를 녹색은 345kV 모선과 선로를 검정색은 154kV 모선과 선로를 각각 나타내고 있다.

당진화력 발전단지의 경우 신서산-신안성 765kV선로가 고장 정지하였을 경우 해당 선로를 통하여 보내던 당진화력 단지의 발전력이 우회선로의 부족으로 동기 탈조하는 현상을 보이고 있다. 이에 한국전력거래소는 그림 2와 같은 시나리오를 적용하여 당진화력 발전단지의 과도안정도 평가에 활용하고 있다. 먼저 0.5초에 신서산 모선에 3상 버스 단락사고를 낸다. 5cycle후 사고를 제거하고 765kV선로 2회선을 개방한다. 4cycle후 에 당진화력 단지의 발전기 동기 탈조를 막기 위해 발전기를 차단시킨다. 그리고 2cycle 후에 설치된 션트 리액터를 제거한다. 그리고 5초에 부하차단이 수행되고 10초에 시뮬레이션은 종료한다. 발전기 차단 대수는 이러한 시나리오를 적용하여 발전기가 동기탈조하지 않게 하는 량으로 선정한다.



<그림 1> 당진-태안 전력계통도

<그림 2> 765kV 고장시 과도안정도 검토 시나리오

위와 같은 방법으로 설정된 차단양은 연중 1번 검토하여 당진화력 발전단지에 적용 중에 있다. 그러므로 계통 운영자인 한국전력 거래소에서는 발전기 차단 설정을 가장 보수적으로 할 수 밖에 없다. 이에 계통 상황이 가장 심각한 수준임을 가정하여 결과를 도출한다. 또한 검토되는 시나리오 또한 가장 보수적인 수준을 가정하고 있다. 이에 PMU에 기반한 Online 과도 안정도 평가에서는 계통 상황 별 결과를 달리 하고자 한다. 또한, 어떤 시나리오를 적용하는 가에 의해 차단 소요가 달라지는 만큼 이에 대한 검토가 필요하다.

2.2 PMU기반 과도안정도 평가 시 고려사항

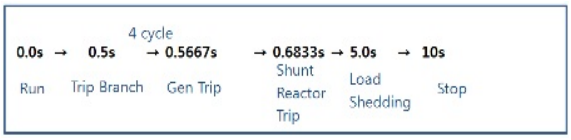
본 절에서는 PMU 기반 실시간 과도안정도 판정을 위해 고려해야 될 사항에 대하여 검토한 내용을 서술한다. 총 세 가지로 검토 되었으며 각각 선로 고장 타입, 발전기 차단 위치 그리고 모선사고 위치이다.

2.2.1 선로고장 타입

그림 3과 4는 선로고장 타입별 검토를 위한 사고 시나리오를 보여주고 있다. 그림 3은 기존에 한국전력거래소에서 수행하고 있는 모선 단락사고를 고려한 시나리오로서 본 논문에서는 그림 4의 시나리오와 구분하기 위해 Trip 조건으로 표현하였다. 이는 앞에서도 설명했지만 765kV 선로의 개방이 모선의 단락사고의 원인으로 발생하게 되는 시나리오이다. 그림 4는 모선의 단락사고 없이 단순한 선로 개방에 의한 사고를 고

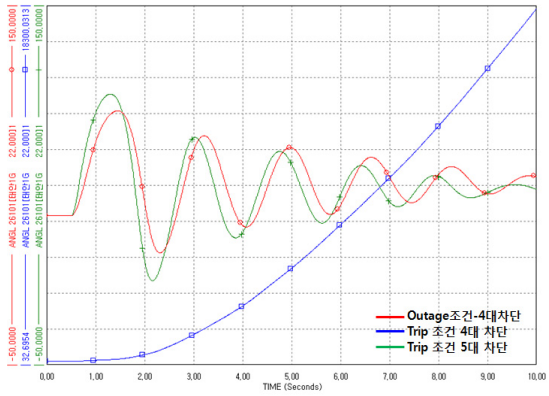
려한 시나리오로서 그림 3과 구분을 위해 Outage 조건으로 표현하였다. 그림 4의 시나리오는 모선의 단락 고장 없이 선로 차단기의 오동작 등에 의해 발생할 수 있는 단순 개방사고를 가정한 시나리오 이다. 이 두 시나리오는 모두 발생될 수 있는 경우로서 발전기 측면에서 보았을 때, 단순사고의 경우 모선단락에 의한 발전기 과속이 없으므로 과도안정도 측면에서는 덜 심각한 시나리오라고 볼 수 있다. Outage 조건에서는 Trip조건에서와는 달리 모선사고를 고려하지 않고 0.5s에서 단순한 선로 개방사고를 주고 그 이후 조건은 Trip조건에서와 마찬가지로 설정하였다.

〈그림 3〉 모선 단락사고 고려 시나리오(Trip)



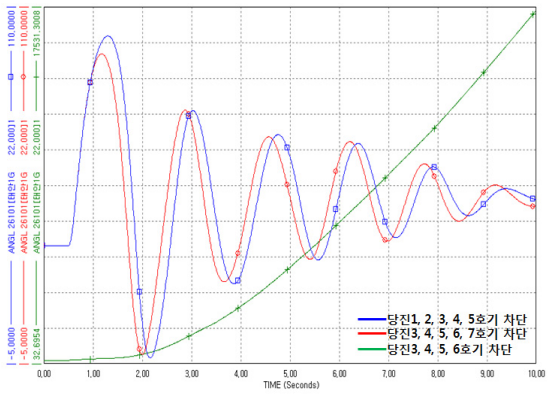
〈그림 4〉 단순사고 고려 시나리오(Outage)

그림 5는 검토결과를 보여준다. 기존의 Trip조건에서는 당진화력 5대가 차단되어야 안정한 결과를 얻었으나 Outage조건에서는 4대만 차단하여도 안정한 결과를 보였다. 실제 적용 시 단락사고에 의한 사고인지 아니면 단순 개방사고에 의한 사고인지를 구분하여 SPS를 설정할 필요가 있음을 알 수 있다.



〈그림 5〉 시나리오 조건별 검토

2.2.2 발전기 차단위치

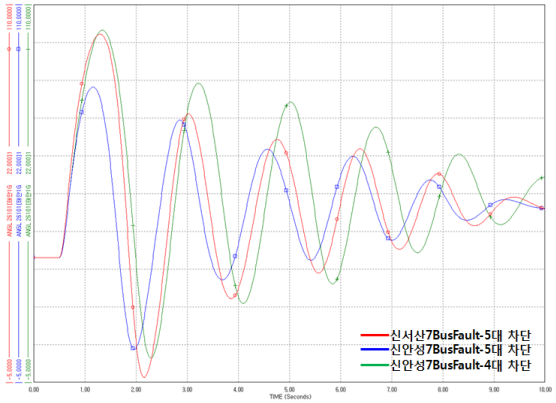


〈그림 6〉 발전기 차단 위치별 검토

현재 당진발전단의 발전기 설치 운전 조건을 살펴보면, 1, 2호기는 당진TP 345kV 측에 연결되어 있고 3~8호기는 765kV측에 연결되어 운전중이다. 이렇게 연결된 구조로 인하여 각 호기별 계통연계 임피던스 값이 다름을 확인할 수 있다. 그러므로 인출선로 사고 후 당진발전기 안정화를 위해 발전기 차단 개소를 산정할 때 이러한 계통 구조를 고려할 필요성이 있다. 그리고 발전기 차단 대소 선정 시 발전소별 형평성도 고려될 필요가 있다. 다음 그림 6은 발전소 차단 위치별 검토 결과를 나타내고 있다. 1~5호기 차단의 경우와 3~7호기 차단의 경우를 비교해 보면 3~7호기 차단의 경우가 상차각의 최대 값이 더 작게 나타나 안정도 측면에서는 다소 유리할 수 있으나 모두 5대의 차단이 이루어져야 안정화가 되는 것을 보였다. 과도안정도 측면에서 경계점에 있는 상황이 온다면 달라질 수 있겠으나 현재 검토 결과로는 차단대수에는 영향을 주지 않는바 추 후 발전소별 형평성을 고려하여 차단대소를 선정할 필요성은 있다고 사료된다.

2.2.3 모선사고 위치

현재 적용된 SPS의 경우 가장 가혹한 상황을 고려하여 신서산 모선에서의 사고를 검토하고 있다. 그러나 신서산 모선에서 먼 곳에서 난 사고일수록 당진발전기의 과속이 줄어들 수 있다. 당진발전기의 과속이 줄어들게 되면, 당진화력의 발전기 차단 대수는 감소할 수 있다. 그러므로 사고 위치에 따른 발전기 차단량을 검토 할 필요성이 있다. 다음 그림 7은 모선사고 위치별 검토 결과를 나타내고 있다. 모선사고가 신서산에서 발생한 경우가 가장 가혹한 조건이라면, 신안성에서 발생한 경우는 가장 덜 가혹한 조건이다. 모선사고를 신서산에서 고려한 경우는 당진발전기가 총 5대가 차단되어야 안정화 되나 신안성에서의 모선사고를 고려한 경우는 총 4대만 차단되어도 안정한 결과를 얻었다. 이 두 개소의 차이가 발전기 1대의 차단량이 되는 것이 확인되었다. 이 결과는 사고 위치를 고려한 적용 방안이 검토될 필요성이 있음을 보여준다.



〈그림 7〉 모선사고 위치별 검토

3. 결 론

송전선로 고장 정지 시 과도안정도 향상을 위한 발전기 차단 대수는 계통 상황에 따라 달라진다. 변화하는 계통 상황에 맞는 과도안정도 검토를 하게 되면 가장 가혹한 조건에서 설정된 SPS조건을 현재 상황에 맞게 줄일 수 있다. 이에 가장 필요한 기술이 Online 과도안정도 평가이다. 이에 본 논문에서는 PMU 기반 실시간 과도안정도 평가 시 고려해야할 사항에 대해서 검토하였다. 그 결과 사고의 위치와 타입을 구분하여 평가결과를 적용해야 함을 알 수 있었다. 발전기 차단 위치는 차단대수에 영향을 주지 않는 한 발전소의 상황에 맞게 조정할 필요성이 있음을 알 수 있었다.

[참 고 문 헌]

[1] P. Kundur, “Power system Stability and Control”, New York, McGrawHill, 1994

[2] S. E. Stanton, C. Slivinsky, K. Martin, J. Nordstrom, “Application of Phasor Measurements and Partial Energy Analysis in Stabilizing Large Disturbances”, IEEE Trans. Power Syst., Vol. 10, No. 1, p.p. 297-306, 1995

[3] D. N. Kosterev, J. Esztergalyos, C. A. Stigers, “Feasibility Study of using Synchronized Phasor Measurements for Generator Dropping Controls in the Colstrip System”, IEEE Trans. Power Syst., Vol. 13, No.3, p.p. 755-761, 1998

[4] Y.-J. Wang, C.-W. Liu, Y.-H. Liu, “A PMU based special protection scheme: a case study of Taiwan power system”, Electrical Power and Energy Systems, Vol. 27, p.p. 215-223, 2005