

계통 운영상황을 고려한 적정 부하 차단량 검토

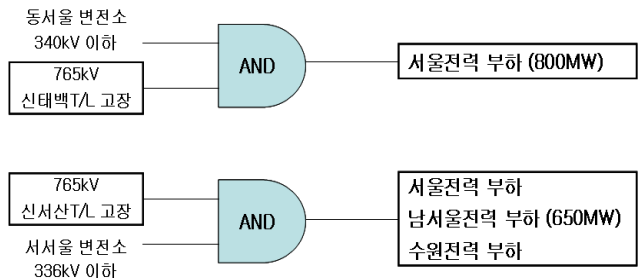
남수철, 신정훈, 차승대, 손현일, 심응보, *윤부현, *김기일, *김태욱
한국전력 전력연구원, *한국전력공사

Load-shedding mount examination that consider system operation environment

S.C Nam, J.H Shin, S.T Cha, H.I Son, E.B Shim, *B.H Yoon, *K.I Kim, *T.O Kim
Korea Electric Power Research Institute, *Korea Electric Power COrporation

Abstract - 현재 운전 중인 765kV 선로는 평소 수도권 부하의 상당 부분을 담당하는 중요한 역할을 수행하고 있다. 이러한 선로에 고장이 발생하면 수도권에 심각한 전압 불안정 현상이 발생하게 된다. 이에 대비하여 현재 765kV 선로 차단 시 부하를 차단하는 SPS(고장파급방지장치)를 운영중이다. 그러나 현재 운영중인 SPS는 정적인 검토만을 통하여 설계되었다. 따라서 과부족 차단에 의한 계통의 과전압 혹은 저 전압 문제가 발생할 수 있다. 본 논문은 우리나라에 UVLS 시스템을 적용하기 위한 타당성 검토의 선행과정으로 현재 운영중인 SPS의 부하 차단량이 실제 계통 상황을 고려 시 적정인지에 대한 검토를 실시하고자 한다.

우 서울, 남서울, 수원 전력관리처 내 650MW의 부하를 차단한다. 각 부하차단 로직은 서로 별도로 운전된다. 그림 1은 SPS의 동작을 개략적으로 설명한 블록 다이어그램이다.



<그림 1> 수도권 전압 불안정 대비 SPS 블록 다이어그램

1. 서 론

최근 세계적으로 광역정전을 경험하고 이를 예방하는 방안에 대하여 많은 전력계통 기술자들이 관심을 갖고 있다. 그러한 방안 중 하나인 저 전압 부하 차단 방식은 현재 계통의 안정도를 향상시키기 위하여 연구 중인 여러 방안 가운데 아주 간단하면서도 매우 효과적인 방안이며, 직접적으로 계통에 개입하여 적극적인 해결책을 찾는 방안 중에 하나이다.

UVLS(Under Voltage Load Shedding)시스템은 단순히 계통의 저 전압을 감시하여 사전에 정해진 부하량을 정해진 시간에 차단하는 초기 시스템에서[1] 계통의 운전상황에 따라 차단 개소, 차단량, 지연시간이 변하는 적응형 방식을[2] 넘어, 최근에는 GPS를 이용한 광역감시 체계와 연계하여 지역적인 전압불안정 현상의 개선을 넘어 광역계통의 전압불안정을 개선하기 위한 방안에서[3] 대하여 연구가 진행 중이다.

이러한 UVLS 시스템에서 중요한 것은 차단개소, 차단량, 지연시간의 결정이다[4]. 어느 곳에서 얼마나 많은 양의 부하를 연계 차단해야 전압불안정 현상이 해소 되는 가는 UVLS시스템이 도입된 초기부터 지금까지 가장 중요한 검토 대상이다. 감도 해석 등의 방법으로 적절하게 선정된 차단 지역은 검토되지 않은 다른 지역에 비해 적은 양의 부하 차단으로 더 큰 효과를 볼 수 있다. 다양한 케이스의 사전모의로 선정된 적정 부하 차단량은 과부족 차단으로 발생할 수 있는 과전압 혹은 저 전압 문제의 발생을 예방할 수 있다. 마지막으로 시간모의를 통하여 적절하게 선정된 지연시간은 가장 적은지역에서 가장 적은 차단량으로 최적의 효과를 갖는 방안선정에 도움을 준다.

우리의 경우 수도권의 전압불안정 문제를 해결하기 위하여 SPS(Special Protection Scheme) 개념의 부하차단 시스템을 설치, 운영하고 있다. 그러나 현재 운영 중인 SPS의 경우 위에서 설명한 UVLS 시스템과 달라 적정한 차단개소와 차단량, 지연시간 등이 검토되지 않아 최적의 방안이라고 할 수 있으며, 더구나 매년 예측된 하계 피크 부하에 대한 산정량이 적용되어 실제 고장 발생 시 산정된 차단량이 실제 보다 많거나 적은 경우가 발생할 수 있다.

따라서 본 논문에서는 현재 운영 중인 SPS 시스템을 소개하고, 2006년 계통 운영실적데이터를 작성하여 2006년에 운영된 SPS의 차단량이 적정인지 확인해 보고자 한다.

2. 본 론

2.1 수도권 전압불안정 대비 고장파급방지장치

765kV 2회선 사고를 대비하여 수도권에 설치되어 있는 전압 불안정 대비 SPS의 동작조건은 다음과 같다[5]. 765kV 신태백-신가평 #1,2 선로의 동시 고장이 발생 하였을 때 동서울 345kV 모선 전압이 340kV 보다 작을 경우 서울 전력관리처 내 800MW의 부하를 차단한다. 765kV 신서산-신안성 #1,2 선로의 동시 고장이 발생 하고 서서울 345kV 모선의 전압이 336kV 이하일 경

2.2 2006년 계통 운영 실적 데이터

2006년 한 해 동안 설치되어 운영된 SPS의 부하차단 로직은 2005년에 작성된 2006년 하계 Peak 예상데이터를 기반으로 설계되었다. 따라서 실제 적절한 부하 차단량이 산정되었는지 검토하기 위해서는 2006년 실제 운영 데이터를 기반으로 계통 데이터를 작성하여 검토 하여야 한다. 그러기 위해 먼저 작성할 CASE의 종류를 선정하였다.

계통 운전 실적을 연간, 월간, 주간, 일간 부하 곡선을 통하여 검토한 결과 춘·추계, 하계, 동계의 3개 계절과 각 계절별 5개 시간대 그리고 하계 Peak 데이터 총 16개 CASE를 통하여 충분히 다양한 상황의 계통을 고려 가능할 것으로 검토되었다. 다음으로 부하실적 및 발전실적 데이터 그리고 휴전데이터를 수집하여 각 CASE 별 데이터를 입력하였다. 모든 실적 데이터가 입력된 후 계통의 전압 체크와 보상조류 등을 확인하며 조상설비의 투입과 변압기 Tap의 조정 등을 통하여 각 CASE를 작성한다. 이렇게 작성한 데이터를 요약하면 다음 표 1과 같다.

<표 1> 2006년 계통 운영실적 데이터

구분	발전량 (MW/MVAR)	부하량 (MW/MVAR)	복상조류량 (MW)
7월 23일 10시	35,267/7,124	34,768/7,565	9,414
7월 25일 05시	36,616/6,979	36,100/7,442	8,637
7월 25일 11시	48,439/9,316	47,674/16,551	11,850
7월 25일 15시	47,263/8,883	46,537/15,441	11,372
7월 25일 21시	45,886/10,493	45,192/15,301	10,593
8월 16일 12시	56,606/12,162	55,790/20,335	10,890
10월 12일 05시	36,268/8,200	35,655/8,200	10,890
10월 12일 11시	44,734/9,572	44,039/14,431	9,688
10월 12일 19시	46,942/9,716	46,233/16,093	10,253
10월 12일 23시	44,643/9,426	43,885/12,360	9,700
10월 15일 10시	35,542/8,211	35,018/7,185	8,737
12월 17일 10시	39,267/8,419	38,690/6,751	8,420
12월 19일 11시	52,495/11,361	51,701/15,708	10,463
12월 19일 19시	51,771/10,718	50,968/16,290	10,291
12월 19일 23시	52,513/11,391	51,733/12,907	8,784

2.3 계통 운영 상황을 고려한 적정 부하 차단량 검토

현재 운영중인 수도권의 전압불안정 대비 SPS는 2.2절에서 언급한 바와 같이 765kV 2회선 선로의 사고를 대비하여 설계되었다. 조류계산 프로그램을 이용하여 2회선 사고를 인가하고 조류계산이 수렴하지 않는 경우를 계통이 불안정한 경우로 가정하여 사고 후 조류계산이 수렴하기 위한 부하 차단량을 산정한 것이 현재 운영중인 SPS이다.

그러나 이 차단량은 하계 PEAK계통의 운전상황을 가정하여 선정된 것으로 PEAK 계통상황과 다른 계통운영상황일 경우 선정된 부하 차단량이 적정 차단량에 비해 적거나 많을 수 있어, 계통이 과전압이나 저전압 현상을 야기 할 수 있는 문제점을 갖고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 본 절에서는 미리 작성한 계통 운영실적 데이터를 사용하여 2006년 SPS의 차단량이 적절하게 선정되었는지를 검토하기로 한다.

2.3.1 부하 차단량 검토 방법

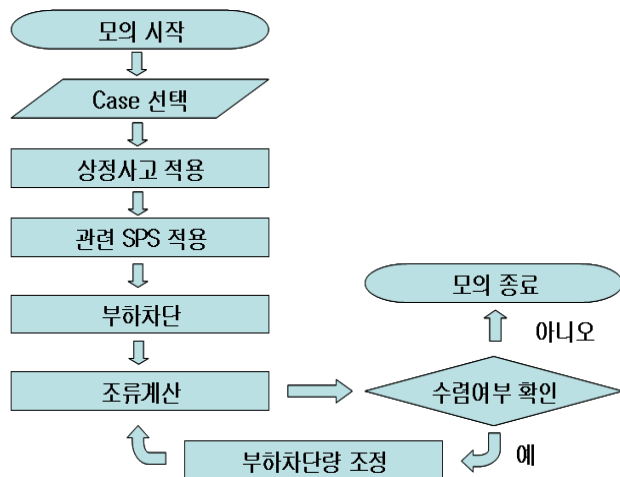
적정 부하 차단량의 검토를 위하여 먼저 계통 상태의 판단기준이 필요하였다. 본 논문에서는 계통의 전압불안정 여부를 조류계산의 수렴여부로 판단하였다. 조류계산이 수렴할 경우 계통은 안정하며, 발산할 경우 계통은 불안정한 경우이다. 이러한 기준을 갖고 PSS/E와 Python을 이용하여 반복 계산을 통한 부하 차단량 검토 프로그램을 작성하여 차단량을 검토하였다. Python 프로그램의 작성을 위하여 사용된 부하 차단량 검토 순서는 다음과 같다.

- ① 검토하고자 하는 CASE를 선택한다.
- ② 선택한 CASE에 상정사고 사고를 적용한다.
- ③ 상정사고 시 동작하는 표. 2의 SPS 동작을 적용한다.
- ④ 기 선정된 차단량을 적용하고 조류계산의 수렴여부를 확인한다.
- ⑤ 조류계산이 수렴한 경우 차단량을 줄이고 다시 조류계산을 실시한다.
- ⑥ 조류계산이 발산할 때까지 반복하여 적정 부하 차단량을 검토한다.

<표 2> 765kV T/L 고장 대비 SPS 종류 및 개요

설치장소	장치개요
신서산, 신안성, 신태백, 신가평S/S	765kV 2회선 동시 고장 시 765kV 변전소 Sh.R 연동 차단
울진N/P	신태백#1,2T/L 동시 정지 시 1~4호기 중 2기 차단
당진T/P	신서산#1,2T/L 동시 정지 시 3~6호기 중 2기 차단

아래 그림 2.는 적정 부하차단량 검토를 위하여 작성한 Python 프로그램의 순서도를 간략하게 보여주고 있다.



<그림 2> 적정 부하 차단량 검토 순서

2.3.2 적정 부하 차단량 검토 결과

각 CASE별 부하 차단량 검토는 3부분으로 나누어 실시된다. 첫 번째, Peak 계통상황을 고려하여 선정된 부하 차단량을 적용하여 계통의 상태를 확인한다. 두 번째, 각 CASE별 계통상황을 반영하기 위해 CASE별 계통의 총 부하대 차단량의 비율로 차단 부하량을 조절하고 계통의 상태를 확인한다. 마지막으로 반복계산을 통하여 선택된 CASE의 적정 부하 차단량을 검토한다.

표 3은 765kV 신태백-신가평 2회선 선로 사고 시 각 CASE별 적정 부하 차단량 검토 결과를 보여주고 있다. 대부분의 경우 하계 Peak만을 고려한 차단량에 비해 계통 상황을 고려한 부하 차단량 검토 시 차단량이 줄어드는 것을 확인할 수 있다.

하계 Peak 계획 계통을 가정하여 선정된 SPS의 차단량은 Peak계통의 경우 설계 당시의 역률과 실제 역률 그리고 안정도 마진을 고려할 경우 적당하다고 할 수 있으나, 부하가 현저히 줄어드는 준·추계 계통의 경우 과도한 부하차단으로 인해 과전압이 발생할 여지를 갖고 있는 것으로 확인되었다.

<표 3> 신태백-신가평 사고 시 각 CASE 별 차단량 검토 결과

구분	최대량 적용		계통 총 부하 반영		적정 차단량 검토	
	차단량 (MW)	복상조류 (MW)	차단량 (MW)	복상조류 (MW)	차단량 (MW)	복상조류 (MW)
7월23일10시	808	7,469	390	7,799	121	8,016
7월25일05시	808	6,960	335	7,324	-223	7,760
7월25일11시	808	9,689	622	9,839	568	9,883
7월25일15시	808	9,166	650	9,293	514	9,403
7월25일21시	808	8,653	628	8,705	465	8,834
8월16일12시	808	8,832	808	8,832	534	9,053
10월12일05시	808	8,015	355	8,436	487	8,324
10월12일11시	808	8,833	542	9,091	543	9,091
10월12일19시	808	9,369	599	9,567	558	9,607
10월12일23시	808	8,853	550	9,106	519	9,138
10월15일10시	808	7,848	377	8,259	345	8,290
12월17일10시	808	6,632	434	6,915	-887	7,966
12월19일11시	808	8,542	690	8,638	531	8,770
12월19일19시	808	8,381	710	8,461	451	8,677
12월19일23시	808	7,148	653	7,271	255	7,593

3. 결 론

지금까지 현재 우리계통에서 운영중인 SPS의 부하 차단량을 실제 계통 운영상황을 반영하여 검토하여 보았다. 우리계통에 적용중인 SPS의 경우 가장 심각한 수도권의 전압불안정 현상을 대비한 부하차단방식으로 UVLS에서 반드시 검토해야할 시지연과 같은 동적인 검토방법이 생략되어 있다. 이번 검토에서도 확인되었지만 계통의 전체부하가 줄어드는 경우하의 계통에서는 산정되어 있는 차단량이 오히려 계통에 부작용을 가져올 수도 있음을 알아야 한다.

점점 더 수도권의 부하는 증가할 것이고 그럴수록 복상조류의 한계로 인해 전압불안정 현상은 심각해 질 것이다. 설비의 증설이나 새로운 설비의 도입 등을 통하여 수도권 전압불안정 현상의 근본적인 문제 해결도 필요하겠으나, 이번 연구를 계기로 수도권의 전압 불안정 현상을 대비한 UVLS 시스템에 대한 연구 역시 본격적으로 시작되어야 할 것이다.

[참 고 문 헌]

- [1] Carson W. Taylor, "Concepts of UVLS for voltage Stability", IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 7, No. 2, April 1992
- [2] C.Moors, D.Lefebvre, T.Van Cutsem, "Design of Load Shedding Scheme against Voltage Instability", Power Engineering Society Winter Meeting, 2000. IEEE, 2000 v.2, pp.1495-1500, 2000
- [3] EPRI 2006-Portfolio, "P039.011 Wide-Area Voltage Instability Load Shedding" Web-Page
- [4] T.Van Cutsem, C.Moors, D.Lefebvre, "Design of Load Shedding Scheme against Voltage Instability Combinatorial Optimization", Power Engineering Society Winter Meeting, 2002. IEEE, 2002 v.2, pp.848-853, 2002
- [5] 한국전력공사 송변전처, "2006년도 하계 계통운영 자료집", 2006