

### 부하특성을 고려한 동계 강원지역 SPS 적용방안

김동현, 김태욱, 김준연, 윤부현, 곽은섭, 이석창, **이희찬**  
한국전력공사

## Application With Load Characteristic To Special Protection System For The District Of GangWon In Winter

Dong-Hyun Kim, Tai-Ok Kim, Jun-Yun Kim, Boo-Hyun Yoon, Eun-Seop Kwak, Seok-Chang Lee, Heui-Chan Lee  
Korea Electric Power Corporation

**Abstract** - 현재 전국적으로 많은 곳에 SPS(고장파급방지장치)가 설치되어 운영중에 있으며 대부분은 345kV 이상 대단위 전원단지 인근에 설치되어 있으나 강원지역의 경우는 154kV 계통에 다수가 설치되어 운영중에 있다. 강원지역은 지역적 특성으로 인해 장거리 송전선로가 많으며 전원단이 원거리에 위치하여 고장시 전압불안정에 의한 계통붕괴의 위험성이 타 지역보다 높다. 특히 하계에 비해 난방부하 및 심야전력의 영향으로 최대부하가 대폭 증가하는 동계의 경우 이러한 특성이 더욱 두드러지는데 2007년 동계피크시 부하실적 및 역률을 기준으로 부하특성 및 부하역률 변동에 따른 계통영향을 분석하여 기 설치 운영중인 SPS 적용의 타당성 및 유지여부에 대한 판단 및 SPS 적용 개선(안)을 제시하였다.

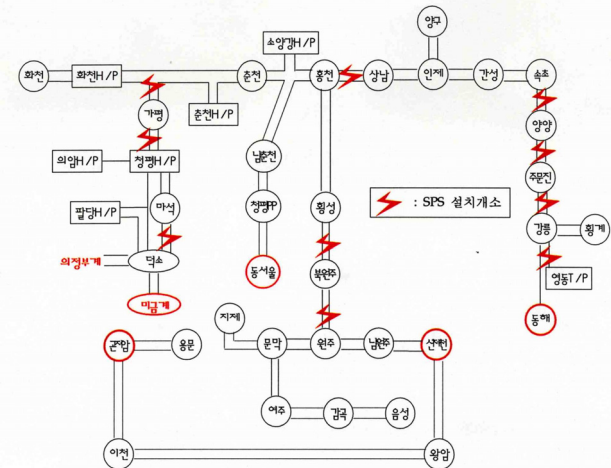
### 1. 서 론

현재 전력계통 피크치는 대부분의 지역에서 하계기간에 발생되고 동계 피크는 하계에 비하여 감소하나, 강원지역은 난방부하 및 심야전력의 영향으로 동절기에 최대부하가 발생하고 있다. 강원도 지역을 관할하고 있는 제천전력의 2007년 동계부하는 동년 하계대비 약 155만kW, 전년 동계대비 약 29만kW 증가하였다. 강원지역의 경우 154kV 계통 10개 개소에 SPS가 설치되어 있으며 이중 6개소는 동계 부하기간에만 운영중에 있다. 이에 대해 본 논문에서는 2007년 동계피크시 부하실적치를 기준으로 계통영향 및 SPS효과 등을 분석하고 부하특성을 적용한 역률 및 부하모델 변경을 통하여 가장 효율적인 SPS 적용방안을 모색하고자 하였다.

### 2. 본 론

#### 2.1 동계 강원지역 계통운영 현황

2007~8년도 동계기간중 강원지역에 설치 운영되었던 SPS 운영현황 및 동계피크시 상정고장별 계통영향 검토내용은 다음과 같다.



<그림 1> 강원지역 SPS 운영현황

#### 2.1.1 연도별 동계부하 실적

구 분	2005~6년	2006~7년	2007~8년	평균증가율
전 국	54,221MW	55,508MW	60,947MW	6.09%
제천전력	5,042MW	5,174MW	5,465MW	4.12%

#### 2.1.2 2007년 동계 강원지역 상정고장시 계통영향 검토

2007~2008년도 동계 부하기간의 전국 최대전력은 2008. 1.17(목) 12시, 60,947MW였으나 제천전력의 경우 난방부하 등에 의한 심야전력의 증가로 같은날 24시에 5,465MW가 발생되었다. 제천전력 피크 발생일의 부하실적을 기준으로 전국 부하 59,370MW 역률은 0.966, SPS 설치개소의 부하역률은 0.988을 적용하여 SPS가 동작하는 상정고장 시 계통영향을 검토하였다. 검토결과 동계부하기간에만 SPS를 운영하는 원주지역 및 한강수력계의 경우 상정고장시 전압붕괴에 의한 계통 불안정 현상이 나타나지 않아 2007년 동계기간에는 실제 SPS 설치 필요성이 낮았던 것으로 나타났다.

<표 1> 2007~8년 제천전력 동계 피크시 상정고장별 계통영향

상정고장	계통영향	SPS 동작시 내용
홍천~상남#1,2T/L	안정	상남S/S 0.95PU 1초이상시 M.Tr 1대 차단
횡성~북원주#1,2T/L	안정	횡성S/S 0.95PU 1초이상시 M.Tr 1대 차단
북원주~원주#1,2T/L	안정	M.Tr 1대 차단
가평~춘천H/P, 화천H/P T/L	안정	화천S/S 0.95PU 1초이상시 M.Tr 1대 차단
가평~청평H/P#1,2T/L	안정	가평S/S 0.95PU 1초이상시 M.Tr 2대 차단
마석~덕소#1,2T/L	안정	청평#3T/L 150%이상시 마석S/S M.Tr 2대 차단
속초~양양#1,2T/L	안정	속초S/S 0.95PU 1초이상시 간성#1,2T/L 차단
양양~주문진#1,2T/L	발산	
주문진~강릉#1,2T/L	발산	
강릉~동해, 영동T/P T/L	발산	

#### 2.2 부하특성별 계통영향 검토

앞에 언급한바와 같이 강원지역은 지역적 특성으로 인해 고장시 전압 불안정에 의한 계통붕괴의 위험성이 타 지역보다 높아 전압안정도를 높일 수 있는 방법이 필요하다. 전압안정도를 높이기 위해서는 계통을 보강하는 것이 가장 바람직하나 계통검토시의 부하역률을 실제와 유사하게 적용하거나 부하특성 반영 등을 통하여 일정 부분 개선할 수도 있다. 부하모션에서의 전압과 주파수의 변동은 일반적으로 그 모션에 접속된 부하의 유효전력과 무효전력에 영향을 끼치게 된다. 그러나 수많은 경제 운용문제에 관한 정식화에서 이 전압과 주파수 제어에 관한 요소를 제외하는 것이 보통이다. 다만 부하모션 전압이 제어함수로 주어질 경우에는 이 제어동작과 부하와의 관계를 파악해 둘 필요가 있다. 이 중에서도 최근에 송전계통의 운용한계와 관련하여 가장 주목을 끌고 있는 것은 부하의 전압특성이다. 부하의 전압특성은 부하전력 P와 전압 V에 대해서  $P \propto V^m$ 로 표현되며, m의 값이 작을수록 전압안정도 면에서 불안정한 것이다.

- 1) 정 임피던스 모델 ( $P, Q \propto V^2$ )
- 2) 정 전류 모델 ( $P, Q \propto V$ )
- 3) 정 전력 모델 ( $P, Q \propto V^0$ )

조류계산용 데이터(\*.SAV)에서는 정전력 모델만을 사용하고 있어 전압에 따른 부하의 변화가 없이 일정하다. 하지만 실제 전력계통의 부하는 위의 3가지 부하모델이 혼용되어 있으므로 전압 변동에 따른 부하 변화를 고려하는 것이 실제 계통에 더 비슷할 것이다. 따라서 실제 부하실적을 기초로 부하역률 및 부하모델 변동에 따른 계통영향에 대해 검토하고 SPS 개선방향을 제시하였다.

#### 2.2.1 계통 검토조건

○ 전국 계통부하 : 63,570MW('07년 제천전력 피크시 대비 7%증가)

- 제전전력 부하 : 5,848MW
- 발전조건 : SPS 설치개소 인근 수력 및 양수발전 정지
- 부하역률 : 0.966(SPS 설치지역 : 0.988)

### 2.2.2 부하역률 변동시 계통영향

상기 검토조건을 전제로 부하역률 변동에 따른 상정고장시 주요 변전소 모선전압 및 SPS 설치 필요성에 대해 검토하였는데, 부하역률은 2007년도 실적치 0.988를 포함 단계별로 4개 Case를 적용하였다. 마석~덕소#1,2T/L에 설치된 SPS는 모든 검토조건에서 문제가 없어 표에는 표기하지 않았다.

〈표 2〉 부하역률에 따른 상정고장별 주요 변전소 모선전압

상정고장	변전소명	적용 역률			
		0.988	0.98	0.975	0.97
홍천~상남#1,2T/L	상남	155kV	148kV	144kV	140kV
횡성~북원주#1,2T/L	횡성	156kV	153kV	151kV	149kV
북원주~원주#1,2T/L	횡성	154kV	151kV	149kV	146kV
가평~춘천H/P, 화천H/P T/L	화천	154kV	151kV	150kV	148kV
가평~청평H/P#1,2T/L	가평	156kV	152kV	150kV	148kV
속초~양양#1,2T/L	속초	140kV	133kV	129kV	121kV
양양~주문진#1,2T/L	속초	발산	발산	발산	발산
주문진~강릉#1,2T/L	속초	발산	발산	발산	발산
강릉~동해, 영동T/P T/L	속초	발산	발산	발산	발산

SPS 설치 필요성 여부는 상정고장 검토결과 발산 또는 주요 모선전압이 132kV 이하인 경우를 기준으로 하였다. 검토결과 원주지역 및 한강수력계의 경우 역률변동시에도 상정고장시 전압이 일정수준 이상 유지되어 SPS 설치 필요성이 크게 줄어드는 것으로 나타났다.

〈표 3〉 부하역률에 따른 SPS 설치 필요 여부

SPS 설치개소	적용 역률			
	0.988	0.98	0.975	0.97
홍천~상남#1,2T/L	×	×	×	×
횡성~북원주#1,2T/L	×	×	×	×
북원주~원주#1,2T/L	×	×	×	×
가평~춘천H/P, 화천H/P T/L	×	×	×	×
가평~청평H/P#1,2T/L	×	×	×	×
마석~덕소#1,2T/L	×	×	×	×
속초~양양#1,2T/L	×	×	○	○
양양~주문진#1,2T/L	○	○	○	○
주문진~강릉#1,2T/L	○	○	○	○
강릉~동해, 영동T/P T/L	○	○	○	○

### 2.2.3 부하특성 고려시 계통영향

앞에서 언급하였듯이 실제 전력계통의 부하는 정전력, 정전류, 정임피던스 3가지 부하모델이 혼용되어 있으므로 상정고장시 검토조건도 이를 고려하는 것이 실제 계통에 더 비슷할 것이다. 또한 동계 강원지역의 경우 하계 피크대비 증가한 부하가 대부분 정임피던스 계열인 난방부하, 심야전력임을 감안할 시 100% 정전력으로 검토하는 것은 굉장히 큰 마진을 두는 것과 마찬가지이다. 부하특성은 “전력계통 안정도 정밀해석을 위한 적정 부하모델에 대한 연구(2001. 3)”에서 제시된 제전전력 겨울 4시의 ZIP 구성비를 적용하였다.

- 유효전력 : 정전력 52.1%, 정전류 9.9%, 정임피던스 38%
- 무효전력 : 정전력 29.6%, 정전류 26%, 정임피던스 44.4%

〈표 4〉 부하특성 및 역률에 따른 주요 변전소 모선전압

상정고장	변전소명	적용 역률			
		0.988	0.98	0.975	0.97
홍천~상남#1,2T/L	상남	156	150	148	145
횡성~북원주#1,2T/L	횡성	157	154	153	151
북원주~원주#1,2T/L	횡성	155	153	151	149
가평~춘천H/P, 화천H/P T/L	화천	154	152	151	149
가평~청평H/P#1,2T/L	가평	157	154	152	150
속초~양양#1,2T/L	속초	147	143	142	138
양양~주문진#1,2T/L	속초	133	125	122	117
주문진~강릉#1,2T/L	속초	128	127	발산	발산
강릉~동해, 영동T/P T/L	속초	발산	발산	발산	발산

SPS 설치 기준은 2.2.2와 동일하며 검토결과 원주지역 및 한강수력계는 SPS 필요성이 없는 것으로 보이며 강릉지역의 경우 속초~양양S/S 구간에 설치된 SPS는 운용가 가능하리라 판단된다.

〈표 5〉 부하특성 및 역률에 따른 SPS 설치 필요 여부

SPS 설치개소	적용 역률			
	0.988	0.98	0.975	0.97
홍천~상남#1,2T/L	×	×	×	×
횡성~북원주#1,2T/L	×	×	×	×
북원주~원주#1,2T/L	×	×	×	×
가평~춘천H/P, 화천H/P T/L	×	×	×	×
가평~청평H/P#1,2T/L	×	×	×	×
마석~덕소#1,2T/L	×	×	×	×
속초~양양#1,2T/L	×	×	×	×
양양~주문진#1,2T/L	×	○	○	○
주문진~강릉#1,2T/L	○	○	○	○
강릉~동해, 영동T/P T/L	○	○	○	○

### 2.3 강원지역 SPS 적용 개선 방안

#### 2.3.1 부하특성 적용(안)

2007~2008년 동계 제전전력 피크실적 및 부하역률을 기준으로 부하특성 및 부하역률 변동에 따른 계통영향 검토결과를 반영하여 다음과 같이 부하특성 검토조건 적용(안)을 제시하고자 한다.

- 부하역률 : 0.97(SPS 설치지역)
- 부하특성(제전전력)
  - 유효전력 : 정전력 52.1%, 정전류 9.9%, 정임피던스 38%
  - 무효전력 : 정전력 29.6%, 정전류 26%, 정임피던스 44.4%

부하역률은 SPS 설치지역의 2007년 동계 부하역률 실적치 0.988과 2007 동계 계통운영방안 검토시 적용역률 0.96를 감안하여 0.97로 산정하였으며 부하특성은 “전력계통 안정도 정밀해석을 위한 적정 부하모델에 대한 연구(2001. 3)”에 제시된 제전전력 겨울 4시의 ZIP 구성비를 적용하였는데 실제 제전전력의 동계 피크가 심야시간대인 24시 전후에 발생됨을 감안하면 4시 ZIP 구성비를 적용해도 일정정도의 마진이 포함되었다고 할 수 있다.

#### 2.3.2 SPS 설치 개선(안)

SPS 설치 개소	SPS 동작 조건
양양~주문진#1,2T/L	설치개소 고장 및 양양S/S 0.95PU 1초이상시 속초#1,2T/L 차단
주문진~강릉#1,2T/L	
강릉~동해, 영동T/P T/L	

위의 부하특성 적용(안)으로 검토한 결과 동계기간에만 운영중인 원주 지역 및 한강수력계에 설치된 6개 SPS는 모두 운용가 가능하며 강릉지역에서 상시 운영중인 SPS 4개중 속초~양양S/S 구간에 설치된 SPS는 운전중지하는 것으로 고려해 볼 수 있을 것이다.

### 3. 결 론

동계 강원지역에서 운영중인 SPS는 2006년 동계부하기간에 처음 설치되어 운영중에 있으나 이후 근지압~용문S/S 연결 및 남춘천분기 T/L 건설 등으로 전력계통이 많이 보강되었고, 실제 SPS 설치지역의 부하실적 및 역률을 적용할시 SPS 설치개소를 크게 줄일 수 있을 것이라는 논란이 계속되어왔다. 본 논문에서는 2007년 동계기간 SPS가 설치된 지역의 부하역률 및 부하실적을 기초로 하여 역률변동에 따른 계통영향을 검토하였고 또한, 실제 전력계통 부하특성을 감안하여 부하모델 구성비를 반영 계통영향을 검토하여 SPS 설치 필요성 여부를 알아보았으며 이를 토대로 동계(상시 포함) 강원지역의 SPS 적용 개선(안)을 제시하였다. 이번 개선(안)이 2008년 동계 계통운영방안에 그대로 적용되기는 곤란하겠지만 향후 실제 부하특성을 반영하는 전력계통 검토시 도움을 줄 수 있기를 바란다.

#### [참 고 문 헌]

- [1] 전력연구원, “전력계통 안정도 정밀해석을 위한 적정 부하모델에 대한 연구”, 2001
- [2] 전력거래소, “전력계통 전압운용 및 부하역률 결정방안에 관한 연구”, 2003
- [3] 전력거래소, “07년도 강원지역 동계 계통운영방안 알림”, 2007
- [4] 전력거래소, “154kV 송전선로 신설로 인한 전력계통 안정운영 방안”, 2007