

## Fast-valving과 Braking resistor 적용을 통한 지능형 SPS 알고리즘 구현

김갑용\*, 윤동희\*, 장길수\*, 문영환\*\*, 김석주\*\*, 서상수\*\*  
고려대\*, 한국전기연구원\*\*

### Algorithm of intelligent SPS with applying fast-valving and braking resistor.

Kabyong Kim\*, Dong-Hee Yoon\*, Gilsoo Jang\*, Young-Hwan Moon\*\*, Seog-Joo Kim\*\*, Sang-Soo Seo\*\*  
Korea University\*, Korea electrotechnology research institute\*\*

**Abstract** - Special Protection Scheme (SPS) that operates scenarios about faults beyond the normally protective action is wide system protection technology for the purpose of wide areas protection. Therefore, the SPS focuses on the improvement of the power supply capability by protecting the system rather than protecting the system equipments. Since the SPS requires emergency operation, the operation schedule is set up in advance by analyzing various scenarios. Since the SPS's action scheme uses generator tripping and is a classical method it is presently the most powerful one. However, as the setting of SPS is set to the most severe disturbance, the scheme tends to trip more generators than required to prevent fault propagation. It is highly likely that tripping generator units to prevent fault propagation would result in difficulty of system management and possibility of load shedding. Accordingly, it is desirable that generators are connected to the system within the range that ensures system stability and intelligent SPS is currently under development to solve the problem being stated. In this paper, as a part of developing the intelligent SPS, application of the fast-valving and braking resistor scheme to the generators is being proposed and analysed to reduce the number of tripped generators.

## 1. 서 론

현대의 전력계통은 규모가 커지고 복잡화, 광역화되고 있다. 전력계통의 규모가 커짐에 따라 고장이 발생할 확률이 높아진다. 또한 고장이 발생한 후에도 전력계통에 미치는 과급효과도 크게 된다. 고장 과급시스템 (SPS)는 일반적인 보호동작 범위를 벗어난 외란에 대해서 계통 전 지역의 보호를 목적으로 하는 광역 시스템 보호기술이다. 따라서 SPS는 외란 시에 계통 장비의 보호보다는 계통을 보호함으로써 전력 공급능력 향상에 주안점을 두게 된다. SPS는 긴급한 동작이 요구되기 때문에 사전에 다양한 시나리오를 분석하여 고장 과급방지를 위한 방법을 미리 설정해둔다. 따라서 SPS는 광역 정전을 예방 할 수 있다.

SPS의 보호동작의 종류에는 발전기 탈락, 부하차단시스템, 계통분리, HVDC 제어등 다양한 방법이 있다. 그러나 현재 한전에서 사용하는 SPS의 보호동작은 발전기를 차단하는 것을 이용하고 있다. 발전기 차단은 매우고전적인 방법이지만 매우 강력한 방법이다. 그러나 SPS의 시나리오는 가장 가혹한 사고에 대해서 설정함으로써, 실제 고장과급을 방지하기 위한 발전기 차단 대수보다 더 많은 발전기를 차단하도록 설정되어 있는 경향이 있다. 발전기 차단은 부하차단 문제를 수반하고 차단된 발전기를 다시 시스템에 연결하는 데에는 상당한 시간이 걸린다. 또한 경제적인 측면에서도 상당한 손실을 가지게 된다. 그래서 계통의 안정적이고 효율적인 운영을 위해서는 가능한 발전기 차단 대수를 줄이는 것이 바람직하다.

이 논문에서는 당진-태안 발전기에 Fast-valving과 Braking-resistor를 적용해서 발전기 차단의 약점을 보완하는 방안을 고려해 보았다. 이 방법을 이용하여서 과도안정도를 위한 발전기 차단 대수를 줄일 수 있다. 또한 상정사고의 종류에 따른 발전기 차단대수를 분석하였다. 시뮬레이션 적용은 계통해석 tool인 PSS/E를 사용하였다.

## 2. 본 론

### 2.1 당진-태안 전력계통

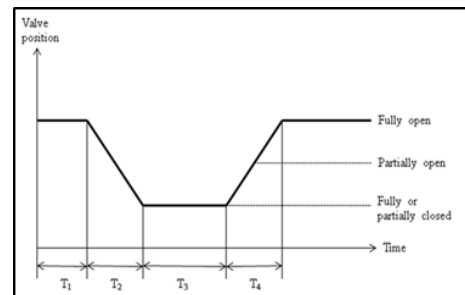
우리나라의 전력계통에서 수도권지역이 전국 전력수요의 40% 이상을 차지하고 있으나, 수도권지역의 전력생산능력이 부족하기 때문에 원거리에 위치한 발전단지에서 전력을 공급받고 있다. 따라서 수도권 지역의 안정적인 전력공급을 위하여 대규모 전력수송을 위한 송전망 구성은 필수적인 사항이다.

많은 전력이 생산되는 발전단지의 인출선로에 고장이 발생한다면, 발전단지의 발전기들이 동시에 과속하게 되어 탈조 현상이 일어날 수 있다. 이러한 경우 많은 전력을 공급받는 수도권지역과 같은 경우에는 전력부족과 전압 불안정현상이 발생할 수 있다. 현재 우리나라의 경우 당진·태안·보령과 같은 충남 지역의 발전설비는 국내 총 발전설비의 21%에 해당하는 1480만 kW가 가동 중에 있다. 그러나 충남지역의 전력소비는 국가전체 전력 소비량 대비 10% 수준 정도이다. 따라서 이 지역에서 생산된 전력의 상당량이 신서산-신안성 인출선로를 통하여 전력이 부족한 수도권에 공급되는 구조를 가지고 있다.

태안·당진 발전단지와 같은 대규모 발전단지의 인출선로(신서산-신안성(765kV))에 불시에 고장이 발생하여 선로가 개방될 경우, 태안·당진의 발전기들이 동시에 과속하게 되어 모두 탈조할 가능성이 있다. 이러한 현상은 발전력 부족을 초래하고, 발전력 부족으로 인한 광역정전을 발생시킬 수 있다.

### 2.2 Fast-valving

Fast-valving은 EVA(Early Valve Actuator)라고도 하며 전력계통의 과도안정도 향상에 기여할 수 있는 기술이다. Fast-valving은 일반적으로 화력기에 적용 가능한 기술로 알려져 있다. 이 기술은 스팀밸브(Steam valve)를 빠르게 개방하여 사고가 발생하였을 경우 발전기의 가속을 막는 역할을 할 수 있다.[1-2] 일반적으로 Fast valving은 계통의 과도안정도 문제를 해결할 수 있는 하나의 방안으로 생각되며, 특히 약 0.5초에서 1.2초 사이의 과도안정도 문제에 대하여 효율적인 것으로 알려져 있다. 또한 Fast valving은 기본적으로 발전기에 그 기능이 내장되어 있기에 추가적인 설비를 투입하지 않아도 되어 경제적인 측면에서 유리한 방안이다. 또한 사고 시에 발전기를 계통에 접속해 놓은 상태로 문제를 해결할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 그러나 물론 Fast valving을 이용한 과도안정도 향상은 발전기 차단을 이용한 과도안정도 향상보다는 큰 효과를 보이지는 않는다.



<그림 1> 밸브 개폐 순서

<표 1> 밸브 동작 설정

		시간 (초)
T1	지연시간	0.1
T2	동작시간	0.25
T3	유지시간	1.0
T4	재개방시간	10.0

### 2.3 Braking resistor

Braking resistor은 계통에 사고가 발생했을 때 인위적으로 부하를 투입하여 회전자들의 가속을 방지하는 과도안정도 향상 기술이다. [3] Braking resistor는 Fast valving과 마찬가지로 과도안정도의 향상을 도모할 수 있는 효율적인 기술로 분류된다. Braking resistor은 원래 수력

기에 적용하는 기술이다. 만약 Braking resistor를 화력기에 적용하면 shaft fatigue life에 영향을 미치므로 주의해야한다. 이런 이유 때문에 Braking resistor는 무조건 사이즈가 고려되어야 한다.

### 3. 사례 연구

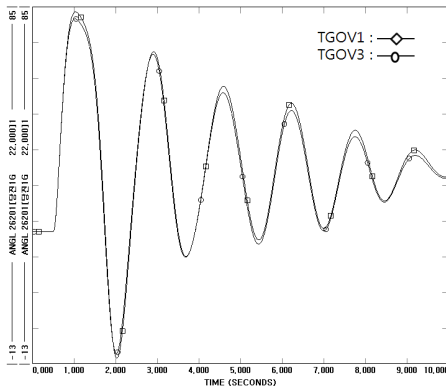
사례연구에 대한 상정사고로 가장 심각한 상정사고를 선택하였다. Peak load의 조건에서 당진 발전기 8대, 태안 발전기 8대가 작동하는 경우를 선택하였다. 표2는 상정사고 시나리오이다.

〈표 2〉 상정사고 시나리오

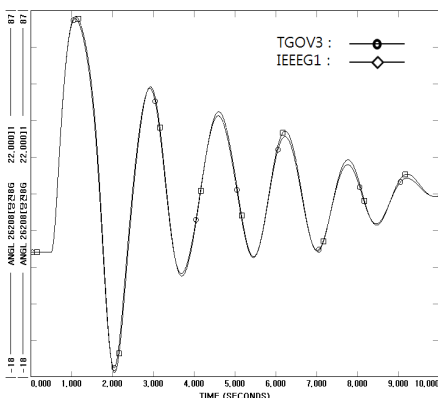
시간(초)	시나리오
0	Start
0.5	신서산 Bus fault
0.5833	clear fault and trip branch (신서산-신안성 765kV T/L)
0.65	Generator trip
0.6833	Shunt reactors trip
5	Load shedding
10	Stop

#### 3.1 Fast valving-FV

Fast valving 설정은 당진 발전기 거버너에 적용한다. PSS/E에 있는 당진 발전기 1~4의 경우에는 TGOV1이 설정되어 있다. 그리고 당진 발전기 5~8의 경우에는 IEEEG1이 설정되어 있다. 그러나 사례연구에서는 당진발전기에 TGOV3를 사용하였다. 그림 2와 3은 당진 발전기에 TGOV1, IEEEG1, TGOV3를 적용했을 때 특성을 보여준다. 과도안정도 측면에서 볼 때 TGOV1과 IEEEG1을 대신해서 TGOV3를 적용해도 비슷한 특성을 보인다.



〈그림 2〉 TGOV1과 TGOV3



〈그림 3〉 IEEEG1과 TGOV3

위상차는 과도안정도 지표로 사용된다. 표3를 보게 되면 Fast valving을 적용하기 않은 경우에는 적어도 5개 발전기가 탈락되어야 안정화가 되는 것을 볼 수 있다. 하지만 Fast valving을 적용한 경우에는 발전기 차단 대수가 3대가 되어도 안정화가 되는 것을 볼 수 있다.

#### 〈표 3〉 시뮬레이션 결과

	5대 차단	4대 차단	3대 차단	2대 차단
FV 적용	안정	안정	안정	안정
FV 미적용	안정	불안정	불안정	불안정

#### 3.2 Braking resistor-BR

Braking resistor의 경우에는 표4과 같은 상정사고 시나리오를 이용하였다. BR은 0.6초에 투입된다. 이는 고장 후 0.1초이다. 0.1초는 BR 투입에 대한 지연시간이다. BR이 투입되는 용량은 1400MW로 설정하였다.[3]

〈표 4〉 상정사고 시나리오

시간(초)	시나리오
0	Start
0.5	신서산 bus fault
0.5833	clear fault and trip branch (신서산-신안성 765kV T/L)
0.6	BR injection
0.65	Generator trip
0.6833	Shunt reactors trip
5	Load shedding
10	Stop

〈표 5〉 시뮬레이션 결과

	5대 차단	4대 차단	3대 차단	2대 차단
BR 적용	안정	안정	안정	불안정
BR 미적용	안정	불안정	불안정	불안정

#### 3.3 2회선 단순고장에 대한 상정사고

앞에서 했던 상정사고 말고 다른 상정사고에 대해서 고려하였다. 2회선 단순고장에 대한 상정사고를 고려하였다.

〈표 6〉 상정사고 시나리오

시간(초)	시나리오
0	start
0.5	trip branch (신서산-신안성 765kV T/L)
0.5667	Generator trip
0.6833	shunt reactors trip
5	load shedding
10	Start

〈표 7〉 시뮬레이션 결과

	5대 차단	4대 차단	3대 차단
2회선 고장	안정	불안정	불안정
2회선 단순고장	안정	안정	불안정

## 4. 결 론

이 논문은 지능형 SPS의 한 부분으로 과도안정도 평가의 알고리즘을 제안하였다. 현재 SPS의 주요한 방법은 발전기를 차단하는 것이다. 발전기 차단의 단점을 보완하기 위해서 Fast valving과 Braking resistor를 발전기에 각각 적용하였다. 이 논문은 시뮬레이션을 통해서 Fast valving과 Braking resistor 적용이 효과적인 방법임을 증명하였다. 또한 상정사고에 따른 발전기 차단대수를 보였다. 지능형 SPS가 가까운 미래에 설정될 때, 이 논문의 결과가 효과적인 운영을 위해서 적용 될 수 있다.

#### [참 고 문 헌]

- [1] R. H. Park, "Fast Turbine Valving," IEEE Trans., PAS-92 (3), pp. 1065-1073, 1973.
- [2] E. W. Cushing, G. E. Drechsler, et al., "Fast Valving as an Aid to Power System Transient Stability and Prompt Resynchronization and Rapid Reload After Full Load Rejection," IEEE Trans., PAS-91 (4), pp 1624-1636, July/August 1972.
- [3] P. Kundur, Power System Stability and Control. New York : McGraw-Hill, 1994.