

사고파급방지장치(FPPC) 시험 및 적용 연구

김영주\*, 김용학, 이재욱 전력연구원

A Study on the Test and Application of FPPC

Kim Young-Ju, Kim Yong-Hak, Lee Jae-Wook KEPRI of KEPCO

**Abstract** - 대용량의 전원단지를 포함한 전력계통에서 기간 송전선로(Route) 고장발생시 해당 계통내 동기탈조의 불안정 현상을 보이는 발전기들의 동기탈조를 방지하기 위한 사고파급방지장치(FPPC:Fault Propagation Preventive Controller)의 기본 구성, 알고리즘, 현장시험 및 적용시 설치효과에 대해 검토하였다. 전원용량이 클수록 발전기 차단 제어 완료까지 요구되는 시간은 짧아지며, 제어 요구량 또한 증가한다. 따라서 제어완료까지의 시간을 최대한 짧게 하기 위한 시스템 설계 및 오동작 발생을 방지하기 위한 Fail-safe 기능을 S/W와 H/W적으로 구성하였다.

1. 서 론

최근의 전력계통은 급격한 전력수요의 증가로 인하여 발전단지의 대단위(대용량)화, 이에 따른 전력 수송설비 대용량화 및 수송밀도 고도화로 대용량 발전단지 부근의 송전선로(Route) 고장 발생시 해당 계통내의 발전기가 모두 동기 탈조 또는 심한 동요를 일으키는 취약한 계통 구조를 갖는 광역 또는 지역계통이 있다. 일반적으로 대용량의 전원단지 인접 주요 전력수송Route 고장발생시 250ms 이내에 적정량의 발전력을 차단하면 계통은 일정 시간동안의 동요 후 안정에 도달한다. 급변 연구를 통해 개발한 사고파급방지장치는 1998년 서해안 계통을 대상으로 하였으며, 현재 운전중인 계통조건은 반영하지 않았다.

2. 본 론

2.1 FPPC 적용대상계통 및 발전량별 제어량

서해안전력계통(보령T/P, 태안T/P, 아산P/O) 및 설치 구성도는 그림1과 같다.

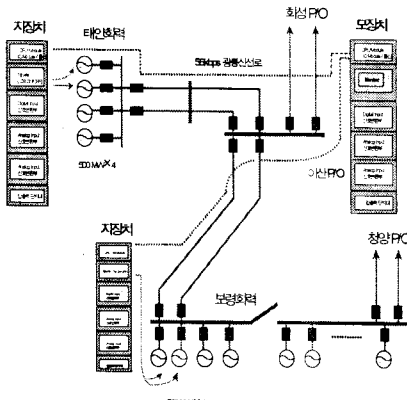


그림1 설치대상 간이계통 및 FPPC 설치도

보령T/P는 아산P/O와 청양P/O에 연결되어 있으며, 태안T/P는 신당진S/S를 통해 아산P/O에 연결되어 있다. 사고파급방지장치 설치를 필요로 한 계통 구성은 그림1과 같이 보령T/P 모선을 분리한 상태이다. 그러나 운전 예정기간과 그 이전의 국내외 경제환경 및 계통의 일부 변화에 따라 보령T/P 모선의 분리운전 필요성이 소멸되었다. 아산P/O는 태안T/P와 보령T/P에서 공급 받은 전력을 154kV 아산 계통 공급 및 345kV 계통을 통해 수도권으로 공급하는 주요 계통 변전소이다. 이러한 계통 구성 조건하에서 신당진-아산간 345kV 송전선로(Route) 고장발생 및 태안T/P 일정량 이상으로 발전시 태안 T/P 발전기는 동기탈조에 이른다.

보령T/P의 345kV모선 분리운전시 서해안 계통은 매우 취약해지며, 이 때는 보령T/P도 안정화 장치를 요하게 된다. 345kV 아산#1,2T/L 고장발생시 발전기 차단 제어를 실행하지 않으면 보령T/P, 태안T/P 발전기는 발전량에 따라 동요 또는 동기탈조에 이른다. 발전량별 제어 요구량은 표1과 같다.

표1 운전형태 및 발전량별 제어 발전력

제어 형태	총 발전량(MW)		제어량(MW)	
	보령T/P	태안T/P	보령T/P	태안T/P
"A" 제어	$G_{total} \geq 4000$		2000	
	$4000 > G_{total} \geq 3800$		1900	
	$3800 > G_{total} \geq 3600$		1350	
	$3600 > G_{total} \geq 3400$		1275	
"B" 제어	$3400 > G_{total} \geq 3000$		800	
		$G_{total} \geq 1700$		2기
"C" 제어		$1700 > G_{total} \geq 1500$		1기
	$G_{total} \geq 1700$	$G_{total} \geq 1700$	2기	2기
"D" 제어	$1700 > G_{total} \geq 1500$	$1700 > G_{total} \geq 1500$	1기	1기

- "A"제어:그림1과 같은 운전상태에서 345kV 아산 #1,2T/L 차단시
- "B"제어:345kV 신당진 #1,2T/L 차단시
- "C"제어:345kV 신당진 #1,2T/L OFF 상태에서 345kV 아산#1,2T/L 차단시
- "D"제어:345kV 아산#1,2T/L OFF 상태에서 345kV 신당진#1,2T/L 차단시

태안T/와 보령T/P 각각 4대의 발전기가 450MW 발전 상태에서 345kV 아산 #1,2 T/L 차단시 안정화 제어(발전기) 유무에 따른 PSS/E 시뮬레이션 결과는 다

음 그림2와 같다.

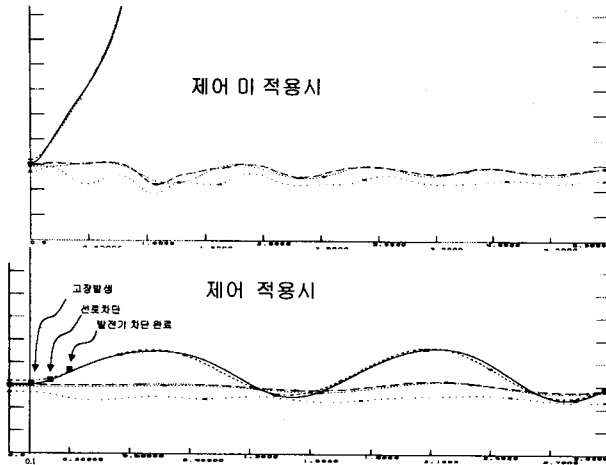


그림2 안정화 제어 적용 유무에 따른 발전기 동요 상태

## 2.2 사고파급방지장치 (FPPC: Fault Propagation Preventive Controller)

사고파급방지장치는 전력계통 데이터를 취득, 가공, 송수신, 조건비교, 제어량 산정 및 발전기 차단 제어를 수행하며 주요구성 및 기능은 다음과 같다.

### 2.2.1 데이터 취득부

아날로그 데이터는 발전기, 송전선로 및 345kV M.Tr의 전력(MW)과 전류를 취득한다. 전력(MW)은 전력 Transducer를 사용하여 취득하며, 전류는 시간지연을 최소화하기 위해 보조CT를 사용하여 2차측 전류를 정류하여 취득 한다. 또한 취득 데이터의 신뢰도를 제고하고자 25ms 동안 32회를 취득하여 평균값을 하나의 데이터로 활용한다. 차단기상태(on/off)확인용 디지털 데이터는 중간 과정에서 발생하는 지연시간을 고려하여 보조계전기를 거치지 않고 차단기 보조점으로부터 직접 취득한다.

### 2.2.2 데이터 통신

태안T/P-아산P/O, 보령T/P-아산P/O간 데이터 송수신을 위해 56kbps 전용회선을 구축하였으며, 25ms 주기로 취득 데이터를 송수신한다.

### 2.2.3 상태인식 및 연산

선로상태 변화(on→off)시 조건비교, 제어량 산출 및 제어명령을 송신한다. 선로상태는 다음 그림3과 같은 조건비교를 통해 인식한다.

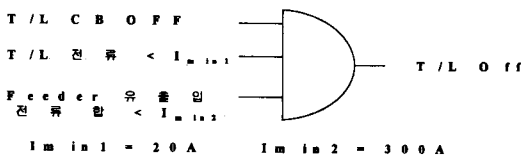


그림3 선로상태 인식 Logic도

선로전류는  $I_{min1}$  이하이고 유출입 전류 합계는  $I_{min2}$  이하이며, 차단기가 Open상태 일 때 선로를 off로 인식한다. 선로가 on상태에서 off 상태로 바뀌면 직전 발전량을 발전합계로 하여 제어대상 발전기를 선정한다.

### 2.2.4 Fail-safe 기능

발전소에 설치된 자장치는 모장치로부터 발전기 차단 제어 명령 수신 및 발전소 인출 345kV T/L 전류합 변화(10% 이상 감소)시 제어를 실행한다. 직전 취득전류 대비 현재 Step 취득 전류값이 10%이상 줄면 1.5초 동안 차단기 제어를 허용한다.

### 2.2.4 제어부

제어부는 MOSFET와 MOSFET제어용 DC전원으로 구성되며, DC전원과 MOSFET Gate간은 OPTO MOS Relay 2개를 직렬로 구성하였다. MOS Relay1은 모국으로부터 제어명령 수신시 on되며, MOS Relay2는 발전소 유출 전류가 10%이상 감소시 on된다. 제어에 소요되는 시간을 최소화하기 위해 전자계형 보조Relay대신 반도체 소자를 활용하였다.

## 2.3 적용대상 계통을 모의한 시험 Set 및 시험 구성도

본 시스템 적용대상인 서해안 계통을 모의하였다. 선로 차단시 전체 부하를 차단전의 부하와 같게 구성되도록 보조relay 직병렬 조합을 통해 회로를 구성하고, 전류, 전압, 차단기 상태 입력은 현장과 동일하게 구성하였다. 통신회선은 자국-전력연구원 단국장치-광선로-대전T/C 단국장치-광선로-전력연구원 단국장치-모국으로 구성되는 전용회선을 구축하여 설치 현장과 같게 하였다. 서해안 계통의 초기구성 형태 16가지에서 파생될 수 있는 모든 경우를 시험하였으며, 모든 경우에서 입력한 표 대로의 결과를 확인하였다. 제어까지의 소요된 시간은 다음 그림4 및 그림5와 같다.

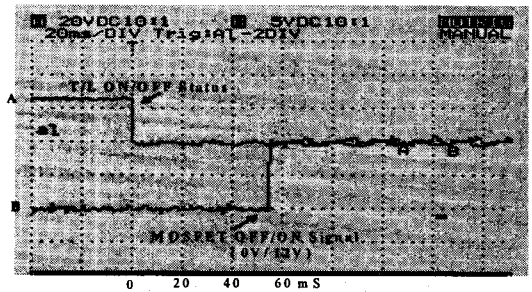


그림4 모국 차단기 off, 통신, 자국 차단기 제어신호 인가까지 소요시간

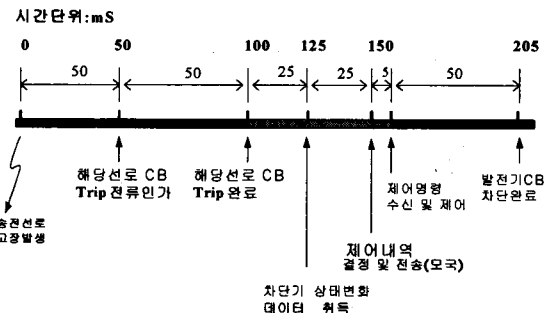


그림5 선로사고 발생부터 차단기 제어까지의 Time Chart

## 2.4 현장 시험

현장시험은 태안T/P와 아산P/O만을 대상으로 하였다. 시험Set에 의한 시험시는 임의의 여러 상태를 만들 수 있었지만, 실제 운전중인 전력계통에서는 임의의 상태 설정이 곤란하여 현재 상태에서 CT Factor, 전류(전압)입력부 단락("0")등의 방법을 적용하여 시험을 시행하였다. 시험결과는 실험실에서 행하였던 결과와 일치하였다. 따라서 실제 적용 운전을 위한 충분한 신뢰도를 확인하였으며, 전력계통 안정운동을 위해 필요개소에 적용시 별도의 시험 없이 즉시 운전이 가능하다.

## 3. 결론

안정화 장치는 크게 실시간 연산형과 사전 연산형으로 구분할 수 있으며, 사고파급방지장치는 대용량 또는 발전된 전력수송 송전계통이 취약한 계통에서 해당계통의 운전중인 모든 발전기가 동기탈조되는 것을 방지하기 위해 해당계통 분석 및 시뮬레이션을 통해 얻은 과도 안정도 시뮬레이션 결과를 바탕으로 사전에 조건을 입력하여 실제 운전 데이터와 비교하여 불안정 상태 입력조건과 일치되면 발전기를 차단제어하는 사전 연산형 안정화장치이다.

전원용량이 커지면 이에 비례하여 전력계통 안정유지를 위한 발전기 차단제어까지의 시간은 더욱 짧게 요구된다. 따라서 H/W에 의해 소요되는 시간을 최소로 하기 위해 차단기의 상태 확인을 위한 입력을 직접 현장차단기 보조접점에서 인출하였으며, 제어에 소요되는 시간을 최소화하기 위해 제어부에는 반도체 소자를 활용하여 수십ms의 시간을 단축하였다.

보호계전기, 차단기등의 기계적 보조접점을 구성한 간이 안정화장치는 현장에 적용하여 운전중이나, 발전소 또는 변전소간 통신과 연산에 의한 안정화장치의 적용은 검토 단계이다. 이번의 사고파급방지장치 개발 및 다양한 시험을 통한 신뢰성 입증으로 현장 적용 운전이 용이하게 되었으며, 요구되는 다양한 형태의 안정화장치의 개발 적용이 가능하게 되었다.

전력계통의 안정운전 신뢰도를 제고하기 위해 이러한 안정화 장치의 적용은 매우 효과적이라 사료된다.

### [참 고 문 헌]

- [1] 大浦好文, "電源系統の事故波及防止システムの方式と構成", 電學論B, 112卷 8號, 平成 4年.