



# 노후발전설비 소내전력계통 신뢰도분석을 통한 설비안정운영 사례



이 태 호  
한국남동발전(주) 발전처 엔지니어링팀 차장

## 1. 개요

최근 여수국가산업단지 광역정전, 9.15 순환정전 등이 연이어 발생하면서 전력계통의 안정성 및 신뢰성 확보

필요성이 사회적으로 이슈화되고 있다. 또한, 해외사업 활성화와 글로벌경쟁 심화로 인한 자체 엔지니어링 기술력 확보가 절실히 요구되고 있다.

삼천포화력 1, 2호기는 국내 최초 대용량 석탄화력

발전소로서 1983~1984년도에 준공되어 약 30년 동안 장기운영 중에 있으며, 대기환경 배출기준 강화로 탈황·탈질설비가 신설되는 등 설비개선으로 소내부하가 증가되었다. 올해에는 통풍설비 대단위 설비교체 및 증설을 계획하고 있다.

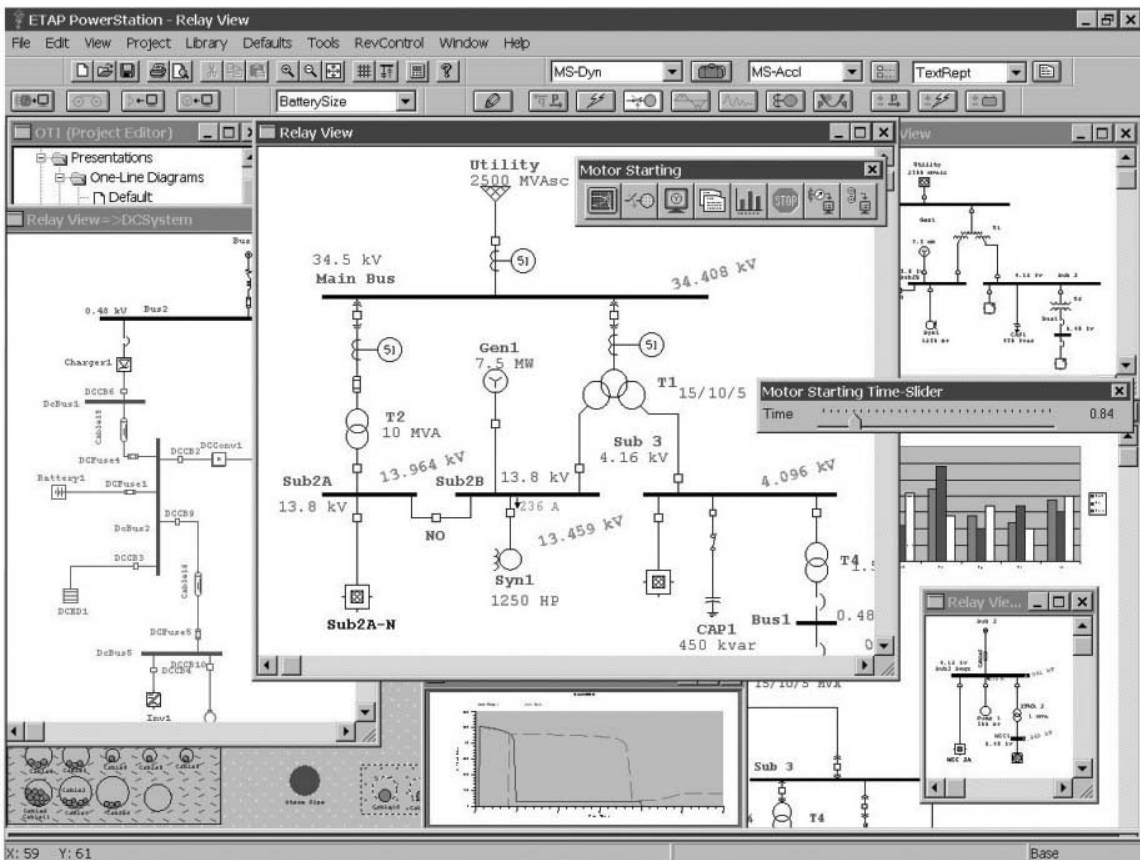
이와 때를 같이하여 전기설비의 신뢰도와 자체 엔지니어링 기술력 확보를 위하여 노후 발전설비인 삼천포 화력 1, 2호기 소내전원계통에 대한 신뢰도 분석을 시행하였다.

신규 발전설비 건설을 위한 전기설비 설계에 사용하고 있는 전력계통 과도현상 분석 프로그램 (ETAP: Electrical Transient Analyzer Program)을 확보하여 전기설비

담당 직원들을 대상으로 사용자 교육을 시행하였다. 현재 여수화력 1호기 설계에 활용하고 있으며, 향후 전 발전소 전기설비에 대하여 ETAP을 활용한 소내전원계통 모델링과 신뢰도 분석을 계획하고 있다.

## 2. 현황

삼천포화력 1, 2호기 전력계통 신뢰도분석은 전문 업체 용역에 의해 ETAP(Electrical Transient Analysis Program)을 활용한 소내전원계통 모델링 및 전력주류 분석, 단락용량 분석, 전동기 기동 분석과 보호계전기 정정치 적정성 및 보호협조 분석, 보호계통의 적정성 분석 등을 시행하였다.



ETAP 프로그램 화면

**가. 전력조류 분석**

전력조류 분석은 정상 운전 시 모든 BUS에서 전압 강하 기준 5% 이하를 만족하였다. 변압기 용량 검토에서 기동용 변압기(FA기준)는 소내전원 절체시점에 최대 88.8% 부하로 약 7.3MVA (11%) 정도 여유가 있었으며, 보조변압기(FA기준)는 최대 86.3% 부하로 약 7.8MVA (13%) 정도 여유가 있었다. 변압기 용량은 FA 기준으로 과부하 운전은 없으나, 향후 부하 신증설 시 변압기 용량의 면밀한 검토가 필요한 것으로 분석되었다.

**나. 단락용량 분석**

단락용량 분석은 전력계통을 구성하는 각종 설비 (발·변전소나 송·배전선, 부하설비 등)에 1선 지락이나 선간 단락 등의 전기적인 고장이 발생할 때 그 순간의 고장점 및 계통 각 지점에서의 전압, 전류를 구하는 것

으로, Momentary와 Interrupting 관련 고장 계산에 사용된다. 이를 통해 계통에 흐르는 실효값 및 대칭분 값을 얻을 수 있으므로 차단기 용량, 보호계전기 정정치 계산 및 검토를 하는데 필요한 고장전류 계산에 사용할 수 있다. 검토결과는 345kV에서 6.9kV까지 차단기의 정격차단 용량을 초과하지 않는 것으로 분석되었다.

**다. 전동기 기동 분석**

전동기 기동 분석에서 올해 교체예정인 대용량 유인 통풍기(ID-FAN) 전동기의 용량증대(3780kW→5550kW)와 Worst Case로 가정(통풍계통 1 Chain 정지하여 250MW 운전 중)했을 때, 기동 전압강하가 기준치 [20% 이하((IEEE Standard 141-1993 code)]보다 낮은 78.7%로 검토되어 기동보상장치 설치가 필요한 것으로 분석되었다.

[표 1] ETAP을 활용한 단락용량분석 결과

차단기명	정격차단전류 (명판기준)	고장전류(KA)		비 고
		단 락	지 락	
345kV(7100,7171)	40kA	32.9	36.8	-
154kV(6183)	50KA	40.4	47.6	-
22kV IPB	적용 차단기 없음	191.1	0.004	-
6.9kV (UAT) IN COM(IA,IB)	28.9kA(ANSI)	31.3	0.499	Contribution
6.9kV (SUT) IN COM(CA,CB)	28.9kA(ANSI)	31.3	0.497	"
0.605kV(EX TR)	적용 차단기 없음	48.4	0.000	-
6.9kV 측 최대 허용가능 차단용량 $\text{차단용량} = K \text{ factor} \left( \frac{\text{Max "rated" voltage}}{\text{Lower "rated" voltage}} \right) \times \text{정격차단전류(명판)}$ $= 1.3 \left( \frac{15}{11.5} \right) \times 28.9 \approx 38\text{kA}$				

**라. 보호방식 적정성 검토**

삼천포 1, 2기 보호방식은 건설 당시 기준에 의해 설계된 전자기계식(E.M Type) 또는 일부 Static 아날로그형 계전기를 사용하여 구성된 보호계전 방식으로 500MW 급 타 발전회사에 적용된 보호계전방식 및 보호기능과 비교분석하여 개선 보완대책을 마련하기 위하여 검토 하였다.

주변압기의 지락보호는 발전기 및 주변압기 비율차동 계전기(87GMT)에 의하여 보호가 된다. 하지만 권선의 70~80%까지만 보호가 되어 고압권선의 20~30% 구간의 보호를 위해서는 주변압기용 지락 비율차동계전기 (87N/MT) 추가 등 보호계전기 기능을 디지털 계전기로 교체할 필요가 있었다.

또한, 충격압력계전기와 부호흡쉴계전기를 직렬로 회로 구성하여 운전 중이지만, 미세한 변압기 내부고장 시 충격 압력계전기(96P)만 동작할 수 있으므로 오작동 방지를 위하여 방향성계전기(67B) 추가설치가 필요하다. 또한, 기존 역전력계전기(32G1, 동작시간 : 10Sec)를 보완하는 역전력계전기(32G2, 동작시간 : 3Sec) 추가와 발전기 권선보호를 위한 동기탈조계전기(78) 추가가 필요한 것으로 검토되었다.

**마. 보호계전기 정정값**

발전기, 주변압기, 여자용변압기, 보조변압기의 정정값은 적정하였으나, 기동변압기의 보호계전기 2Set, 6.9kV 차단기반은 16Set, 480V 차단기반은 12Set가 정정치 변경이 필요하였다.

[표 2] 보호계전기 정정값 적정성 검토 결과

보호 설비별	계전기 수량	정정값 변경 수량	검토 결과	
			Tap(A)	Lever(Sec)
기동용 변압기 보호용	5	1 (50STH)	2.0 → 1.5	3.0 유지
		1 (51ST)	3.0 유지	1.3/1.6
반한시 과전류 6.9kV 인입(51Y)	6	2 (Unit)	6.0 유지	3.0/3.6
정한시 지락 과 전류 6.9kV 51N(GR-5)	8	2	2.5?0.5	4.0 유지
반한시 지락 과 전류 6.9kV 51N(IAC53A)	2	2	10?50	0.3 유지
반한시 과전류 6.9kV 인입(51Y)	2	2 (Unit)	6.0 유지	3.0/4.0
반한시 과전류 6.9kV CHA/CHB FDR(51Y)	2	2 (Com)	6.0 유지	3.0/3.6
반한시 과전류 6.9kV Bus Tie(51Y)	4	4 (Bus Tie)	4.0 유지	5.5 → 4.0/5.9
480V 인입차단기반	12	12(LTD)	1.0 유지	15 → 5
		12(STD)	6.0 유지	0.24 → 0.56
		12(GFT)	-	0.2 유지

**바. 변류기 적정성 검토**

발전기 및 주변압기용 변류기(CT)는 포화전압 등이 적정하게 선정되었으나, 보조변압기 및 기동용 변압기, 여자용변압기는 과전류정수, 과전류 강도, 포화전압이 최대 32배 초과하는 것으로 검토되었다.

이처럼 부적정한 변류비 선정은 기존 EM Type 아날로그 보호계전기 특성상 고장용량을 고려하여 변류비를

선정할 경우 정정값이 정정범위를 벗어나게 되어 고장 용량보다 설비용량을 우선 고려하여 선정한 것으로 판단된다.

전력계통 용량증대, 디지털보호계전기 보급 등 운영 환경 변화에 따라 적절한 변류비 선정기준 정립이 필요한 시점이라고 생각된다.

[표 3] 발전소별 변류비 현황

구 분	87AT	87ST	87E
삼천포 1, 2호기	1500/5	400/5	300/5
당진화력	2000/5	1200/5	200/5
보령화력	1200/5	500/5	-
영흥화력	2000/5	400/5	200/5
울산화력	2000/5	200/5	-
여수화력	2000/5	1200/5	200/5

[표 4] 변류기 적정성 검토결과

RY명	설치위치	CT 규격	검토 결과			대 책(안)	추진 방향
			과전류 정수	과전류 강도	포화 전압		
87AT	UAT 21kV측 BCT	2000/1600/1500/ 1200/800/5(C800)	6.4배	1.7배	2.1배	- CT비 변경 [2000/5] - Cable 교체[5.5→16SQ] - 계전기 교체	- 디지털 계전기로 교체 - O/H시 시행
387E 351E	Ex. Tr. 22kV BCT	300/5, 40VA	32배	12배	9배	- CT 교체 [6000/5] - 계전기 교체	- 현장여건상 교체곤란 - 여자변압기 교체 시 추진
51ST	Start-up Tr. 154kV측 BCT	600/400/300/ 200/5(25VA)	4.0배	1.1배	9.1배	- CT 교체 [2000/5] - 계전기 교체	- 현장여건상 교체곤란 - 기동변압기 교체 시 추진
87ST	154kV SWYD CB BCT	2000/1500/1200/ 800/400/5(C800)	5.1배	1.4배	16.1배	- CT비 변경 [2000/5] - 계전기 교체	- 디지털 계전기로 교체 - O/H시 시행
87GMT	345kV SWYD CB BCT	4000/3000/2000/ 1000/5(C800)	0.8배	0.2배	0.97배	- CT비 변경 [4000/5]	- 디지털 계전기로 교체 - O/H시 시행

현재 전력거래소에서도 고장용량을 고려하여 변류기를 선정하도록 하고 있다.

### 3. 전망

발전설비의 안정적인 운전과 전기설비 고장을 사전에 예방하기 위해서는 발전소 내 전원계통의 신뢰도가 무엇보다도 중요하다. 특히, 전기설비의 고장은 중대사고로 이어지는 경우가 많으므로 보호방식, 보호계전기의 보호 협조 등 전기설비의 적절한 보호계통이 반드시 필요하다.

발전회사로 분사된 이후 경쟁체제로 전환되면서 안정적인 전력공급과 경쟁우위 확보를 위한 비용절감이 강조되면서 보호계전기 오부동작에 의한 발전설비 정지를 예방하기 위하여 다양한 노력을 하고 있다. 또한, 발전 회사 위상 제고를 위하여 엔지니어링 조직 신설, 개편 등 자체 기술력 향상을 위하여 많은 시도를 하고 있다.

이번 분석은 이러한 시점에서 전력계통 해석프로그램(ETAP) 구입 및 교육, 소내 전력계통 분석 등으로 전기

설비 신뢰도를 향상시키기 위해 추진되었으며, 도출된 내용은 노후 발전설비만의 문제가 아니라 전 발전설비가 잠재적으로 안고 있는 문제점일 수도 있다.

향후 전 발전소를 대상으로 ETAP 프로그램을 활용한 소내 전력계통 분석으로 자체 엔지니어링 기술력 향상은 물론 안정적인 전력공급에 최선의 노력을 경주해야 할 것이다.

주변압기 보호방식에서 지락보호는 발전기-변압기 보호용 비율차동계전기에 의하여 보호되나 권선의 70~80%까지만 보호 가능하여 고압권선의 20~30% 구간의 보호를 위한 방향성 지락 비율차동계전기(87N/MT) 추가 설치가 필요하다. 또한, 삼천포화력 충격압력 계전기(96P)와 부호홀쓰계전기가 직렬로 회로구성되어 있으나, 변압기의 미세고장의 경우 오동작 우려가 있어 방향성 계전기(67B) 추가, 기존 역전력계전기(32G, 동작시간 : 10Sec)의 터빈 자체 문제에 의한 터빈보호를 위한 역전력 계전기(32G1, 동작시간 : 3Sec) 추가 설치 등 기존 보호 기능을 보완할 수 있는 보호계전기의 추가설치도 필요한 것으로 검토되었다. KEA