

# 화력발전설비의 기술동향과 전망 — 제어시스템을 중심으로 —

최근 사업용 화력발전설비의 건설에서는 이제까지의 실적 중시 시스템구축 경향에서 벗어나, 적은 인원에 의한 중앙 집중감시의 고도화와 건설비저감 경향에 따라 신기술 특히 디지털기기의 응용을 지향한 주요 전기기기의 합리화가 급속하게 추진되고 있다. 또 제어로직의 소프트웨어화, 신호 전송화의 확대는 설비의 고도화·합리화의 양면에서 우위를 차지하고 있다.

사업용 화력발전설비는 고신뢰성과 고가동률이 요구되어 전력의 안정공급에 있어 중핵을 담당하고 있다. 발전기와 여자제어장치, 발전소 감시제어시스템은 발전소단위의 고기능화, 전력계통 안정화를 위한 협조제어 등에 있어서 중요한 역할을 담당하고 있다.

화력발전소의 감시는 적은 인력을 중앙에 집중 배치하여 일괄감시·제어하는 경향이 확산되어, 감시·조작·이력관리 기능의 고도화와 작업환경의 정비가 급속하게 진전되고 있다. 여기에는 적어도 최근의 디지털기기 응용확대가 크게 기여했으며, 이러한 것들이 신뢰성을 확보한 토털시스템 구축이라는 발전소 시스템 엔지니어링의 영역확대와 중요성이 커지게 된 요인이라고 할 수 있다.

화력발전소 제어시스템의 고도화는 주기기의 안정된 운전과도 깊이 관련되어 있어 근년의 발전설비 건설에서 중요한 과제의 하나가 되고 있다. 한편, 화력발전소의 감시·제어항목은 방대하며, 아울러 급속히 진보해가고 있는 디지털기술을 효율적으로 도입하여 설비의 고도화를 추진해갈 필요성이 날로 커져가고 있다고 생각한다. 여기서는 최근의 발전기의 기술동향과 감시제어시스템의 기술동향을 소개함과 동시에 앞으로의 전망에 대하여 기술한다.

## 1. 머리말

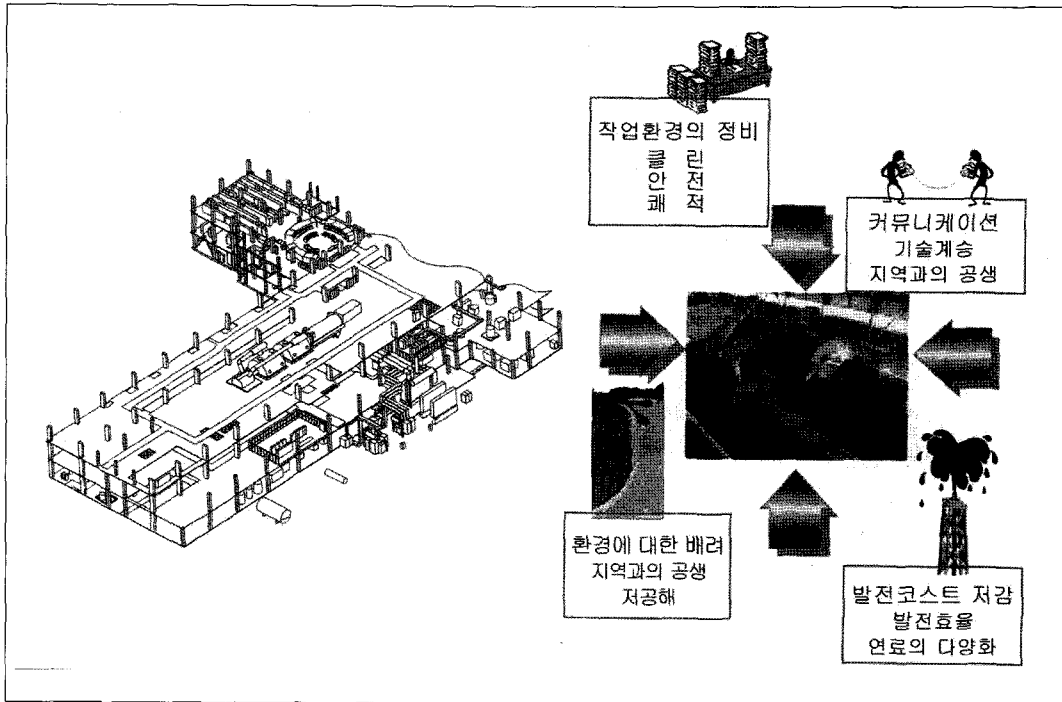
실적을 중시하는 경향이 강했던 화력발전소 전기설비에 대해서도 다른 분야에서 실적을 쌓아온 신기술이 채용되기에 이르러, 이것과 종래의 기술과의 융합이 이루어지고 있다. 구체적으로는 컨트롤센터의 감시제어신호를 전송화한 CDL(Control Center Data Link) 전송 시스템, 보호릴레이의 디지털화, 사이리스터 기동장치

등을 들 수 있다. 이 세 가지 점에 대하여 적용사례와 함께 소개하고자 한다.

## 2. CDL 전송시스템

### 가. 시스템 개요

화력발전소용으로 실적이 있는 플랜트제어장치와



〈화력발전소를 둘러싼 환경〉

사업용 화력발전소는 대용량화에 따라 제어 및 감시용 신호점(개소) 수 10,000점, 케이블 공장 1,000,000m를 넘고 있다. 다양한 설비의 집합체로서의 기능의 통합은 물론, 발전소내·외의 환경정비, 발전비용의 저감 등 요구도 다양하다.

CDL 전송시스템과의 인터페이스 시스템을 개발하여 컨트롤센터 보기(補機)의 기능·정지지령, 고장상태 등을 플랜트제어 장치를 경유하여 중앙에 집약하고 있다. 또 컨트롤센터 각 보기유닛에는 멀티컨트롤러가 설치되어 있으며 중앙 CRT 오퍼레이션장치에서의 보기 조작·감시는 1조의 전송라인을 경유하는 완전한 디지털 제어를 실현가능케 하고 있다. 나아가 다음과 같은 멀티컨트롤러의 부가기능에 의하여 설비의 고도화를 실현하고 있다(그림 1 참조).

### (1) 프로그래머블 시퀀스 기능

플렉시블하게 시퀀스의 작성이 가능하다. 이에 의하여 보조릴레이, 타이머, 램프가 줄어들게 된다.

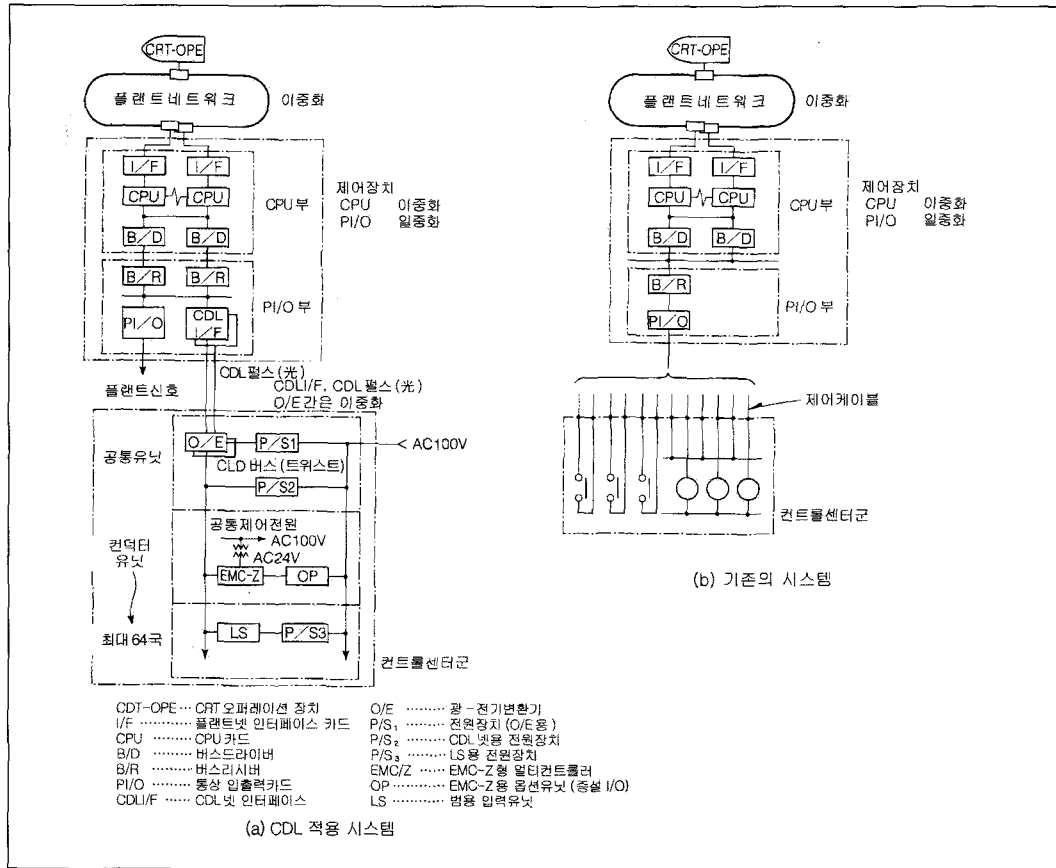
### (2) 자기진단기능, Fail-Safe 기능

CPU의 자기진단기능과 CPU 이상시의 Fail-Safe 기능에 의하여 이상발생시에 있어서의 보기운전의 Fail-Safe측(트립/로크)의 선택을 가능케 하여 보기제어시스템으로서의 신뢰성 향상을 도모하고 있다.

이 시스템을 채택하게 되면 종래 제어신호별로 포설되어 있던 케이블과 반내배선이 대폭 삭감될 뿐만 아니라 설치후의 시퀀스 변경에 의한 하드웨어 변경의 극소화에 주는 메리트가 매우 크다(표 1 참조).

## 나. 화력발전소에의 적용

화력발전소에의 적용에 있어서는 신뢰성을 더욱 확보하기 위하여 시스템의 용장화(冗長化)는 물론 시스템



〈그림 1〉 시스템 구성

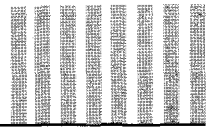
〈표 1〉 CDL적용에 의한 종래시스템과의 물량비교

구분	CDL 운용시스템	종래 시스템	
1. 회로구성	그림1(a) 참조	그림1(b) 참조	
2. 물량 (참고 예)	(1)	• 면수 약 95면 • EMC 컨트롤러, 광변환기, CDL 버스 등을 수납한다.	• 면수 좌동 • 보조릴레이, 서멀릴레이, 램프 등을 수납한다.
	(2) 공사	• 광케이블(2C) 약 14본 • 광케이블 약 3.1km • 전송용량 9,600bps	• 케이블 CVV6C-2sq 약 380본 약 38km CVV10C-2sq 약 170본 약 17km 계 약 55km
	(3) 제어 장치	• 면수 : 29면 • 카드 매수 : -DI 7매 -DO 5매 -CDL 인터페이스카드 42매 (2중화에서의 총매수) • PI/O점수 : 608점	• 면수 : 28면 • 카드매수 : -DI 28매 -DO 25매 • PI/O점수 : 2,480점 (예비 불포함) (DI:64점/매, DO : 32점/매)

중고장(重故障)시를 고려하여 기기보호 또는 보안·방재상 동작을 필요로 하는 보기(補機)에 대해서는 하드회로를 남겨두어 대응하고 있다.

CDL 적용을 제외하는 회로는 다음과 같다.

- 기기 보호에 관계되는 회로
  - 오일펌프의 자동기동회로
  - 전동밸브의 자동폐지회로
  - 터닝모터의 자동기동회로
- 보안·방재에 관계되는 회로
  - 오일펌프의 비상정지회로



### 다. 앞으로의 전망

CDL 전송시스템은, 분산형 리모트 PI/O 적용에의 제1단계로서 인텔리전트화된 컨트롤센터 유닛과 중앙 집중감시를 조합함으로써 설비의 고도화·합리화에 큰 효과를 기대할 수 있다. 차후에는 보기(補機)의 기동·정지, 고장정보에 한하지 않고 현장에 배치된 리모트 PI/O에 의하여 방대한 현장 프로세스신호를 전송 화합으로써 신호로(信號路)가 집약되어 케이블의 물량 삭감에 더욱 큰 효과를 얻을 수 있게 될 것이 확실하다. 현단계에서는 그 실마리를 잡았을 뿐이므로 앞으로의 개발에 있어서는 신뢰성 확보를 염두에 두고 고분산화·고기능화에 대응해 나가지 않으면 안될 것이다.

### 3. 보호릴레이의 디지털화

송·변전설비 보호용으로 주류가 되고 있는 디지털 보호릴레이를, 송·변전설비 보호에서 배양된 기술을 기초로 화력발전소용 시스템으로 개량하여 적용하기 시작하였다.

현재 화력발전소의 보호릴레이로서는 기계식 또는 정지형 아날로그방식을 채용한 계전기가 사용되고 있다. 이에 대하여 화력발전소의 중앙집중감시 시스템 설치에 대한 필요성은 해마다 높아지고 있으며, 유지보수성이 높고 고기능인 디지털 보호릴레이의 적용이 요망되어 왔다. 디지털 보호릴레이를 채용하면 자기진단기능, 상태감시기능이 충실해지고 유지보수·감시가 용이해질 뿐만 아니라 보호릴레이 요소에 대한 보호특성이 크게 향상된다(표 2 참조).

화력발전소용 최적시스템을 구성하기 위해 신뢰성·유지보수성·경제성을 평가해 본 결과 다음과 같은 특징을 갖는 것으로 확인되었다.

- ① 발전소내 주회로보호방식의 최적화를 목적으로 한

알고리즘·소프트웨어의 도입을 도모하고 신규 릴레이요소를 쉽게 할 수 있도록 하여 종래의 보호릴레이 특성을 개량할 수 있게 되었다.

화력발전소용으로 보호요소의 최적화를 도모한 항목의 예로는

- 저주파역(低周波域) 대응 알고리즘의 실현
- 고정도(高精度) 주파수연산 알고리즘의 실현
- 과여자(過勵磁), 역(逆)전력, 역상(逆相) 보호의 특성 개선

을 들 수 있다.

- ② 시스템의 신뢰성을 향상시킬 뿐만 아니라(2중화시스템 구성이 용이), 상시감시·자동점검기능을 충실히 하여 유지보수·점검상의 생력화(省力化)를 가능케 하고 있다.

- ③ 내환경성(耐環境性)은 종래와 동등 이상의 사양으로 하고 특히 내진성(耐震性)이 우수한 시스템으로 되어 있다.

- ④ 장래부가기능의 충실 등, 하드웨어, 소프트웨어의 양면에서의 성능 향상을 기대할 수 있고 앞으로의 화력발전소 시스템의 고도화에 부응할 수 있는 시스템이다.

화력발전소에서의 디지털 보호릴레이 적용은 이제 막 실현단계에 있으며 앞으로 다른 설비 고도화와의 협조는 필연적인 것이 될 것이며, 릴레이특성의 비주얼화, 사고해석정보의 비주얼화 등, 이미 이들의 기능을 가진 차세대 디지털 보호릴레이의 도입에 대한 기대가 높아지고 있다.

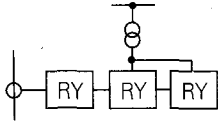
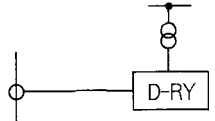
### 4. 사이리스터 기동장치

클린한 연료로 고효율을 실현할 수 있는 콤팩트사이클 발전설비 건설의 증가와 가스터빈의 대응량화에 대응하여 사이리스터 기동장치의 화력발전소에서의 적용



## 에 의 기술

〈표 2〉 디지털 보호장치와 아날로그 보호장치의 비교

항 목	종래의 전기기계식 보호계전기	디지털식 보호계전기
CT·PT 회로접속	보호계전기 케이스마다 배선 	CPU마다 배선  복수의 Ry 요소
CT·PT 부담	—	종래형에 비하여 적다.
CT·PT 대수	—	종래형과 같음
시험단자의 요부	CT·PT회로마다 설치	좌동
제어전원	DC전원 구성으로 86마다의 전원 분할 전원용량은 적음.	DC전원장치 2계통 가집, 2계통 수전
DC시퀀스 회로구성	하드 와이어드	보호릴레이 요소와는 별도의 전용시퀀스 CPU로서 소프트 웨어로(POL) 실현
다중화구성	주보호·후비보호를 분할	보호요소는 CPU단위의 이중화 구성
반면수	7면×(W)800×(D)800×(H)2,300(mm)	7면×(W)800×(D)800×(H)2,300(mm)(D-RY반)
상시감시·자동점검기능	정지형 아날로그 보호 릴레이에만 이상감시기능이 있음. 전원 및 86코일 단선감시기능을 시퀀스에서 대응 가능	상시감시 및 자동감시기능 있음. 전원감시를 포함하나 86 코일 단선감시기능은 하드와이어드시퀀스로 대응
고장표시기능	없음	표시 패널상에서 고장부위 및 고장내용을 표시
CT·PT입력이상 감시	없음	아날로그 입력회로의 3상 평형감시기능 등이 있다.
보수점검	1. 정기점검시에는 단체시험, 종합시험 등에 시간을 요함 과 동시에 릴레이형식마다 개발의 보수점검기술을 요 함. 2. 점검소요 일수 : 56인 日/年(동등 플랜트 실적)	1. 자기감시기능을 탑재함으로써 일상시험은 필요 없다. 정 기점검시는 보호요소특성의 경년열화가 없기 때문에 동 작관리 포인트에 의하여 가능하며, 유지보수의 합리화를 도모할 수 있음. 2. 이중화구성으로 하드웨어 분리에 의하여 유지보수성 향상 3. 점검소요일수 : 28인 日/年
서비스 기능	동작표시기(ICS)만	동작표시 이외에 이상내용 표시, 나아가서 트립시의 고장치 를 세이브하는 데이터 세이브 기능 등이 있음.
정정·동작시험	탭, 다이얼에 의한 육안작업	정정(整定)을 올림 내림 PB로 값은 LED 표시. 동작시험 가능

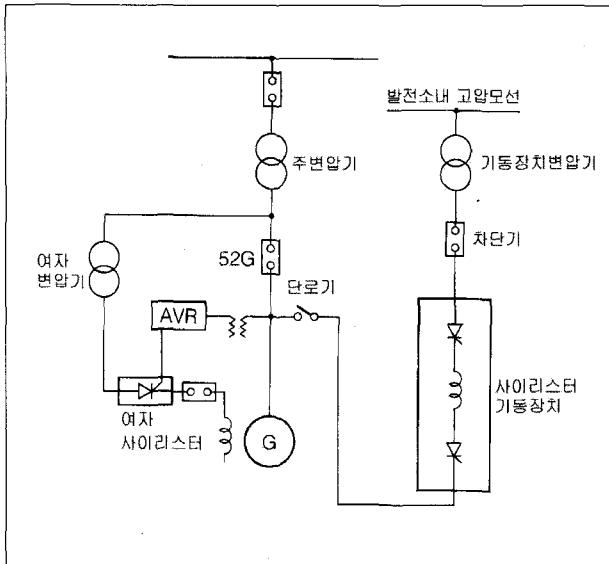
이 진전되고 있다.

사이리스터 기동장치는 발전기를 동기전동기로 사용  
하여 구동함으로써 발전기에 직결되어 있는 가스터빈의  
자립운전을 가능하게 하는 회전속도역까지 가스터빈에  
필요한 회전동력을 공급하는 시스템이다.

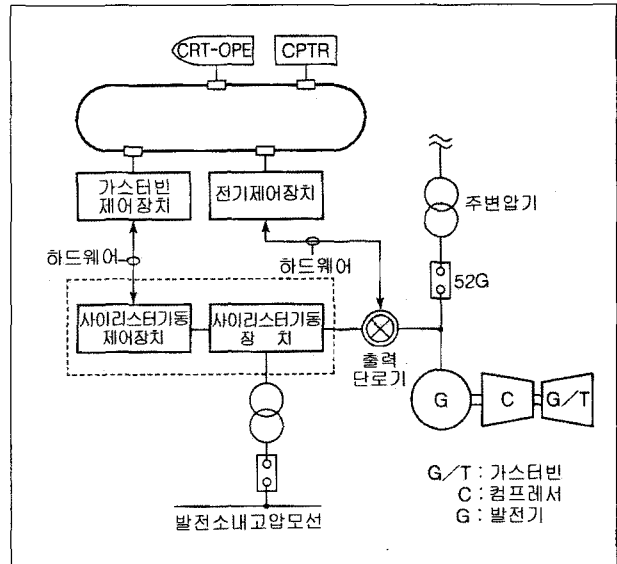
그림 2에 사이리스터 기동을 채용한 발전기 주회로의  
구성을 표시한다. 발전기가 계통에 병입하기 전의 승속  
(昇速)기간에 정격속도의 20% 정도의 가스터빈 착화  
회전수를 제어하며, 가스터빈이 자립속도에 도달한 후

에는 출력단로기에 의하여 주회로로부터 분리된다.

종래에는 가스터빈 1대에 기동용전동기 1대를 대응  
시켜 토크컨버터를 통하여 가스터빈에 연결한 기동장치  
가 사용되어 왔는데, 소내전원계통 구성상의 문제로 기  
동용전동기의 대응량화에 제한이 있고, 토크컨버터에  
의한 속도제어 때문에 가스터빈의 요구에 응한 속도제  
어가 곤란한 점, 그리고 기동용전동기가 단시간정격이  
기 때문에 기동시간·연속기동에 제약이 따르는 등의  
문제가 있어, 사이리스터 기동장치는 이들 문제를 해결



〈그림 2〉 사이리스터 기동 주회로 구성



〈그림 3〉 사이리스터 기동 제어시스템 구성

하는 수단으로 채용되고 있다.

특히 사이리스터 기동장치는 여러 대의 가스터빈에 대하여 1대의 사이리스터 기동장치를 절체하여 사용할 수 있어(일반적으로 복수축 구성이 되는 콤파운드 플랜트발전의 특징과도 합치), 합리적인 설비 구성을 가능케 한다. 또한 착화전·후의 가스터빈의 속도제어도 가스터빈특성에 맞추어 플렉시블하게 설정할 수 있기 때문에 콤파운드 발전플랜트 설비에 있어 중요한 일면을 차지하고 있다(그림 3 참조).

이미 사업용 화력발전소에의 적용사례도 있으며, 앞으로도 가스터빈의 대응량화, 제어의 고도화에 대응하여 채용이 기대되고 있다.

## 5. 맺음말

디지털기술의 급속한 진보와 더불어 실적을 증시하여 온 화력발전소도 여러 가지 신기술을 도입함으로써 큰 변혁기를 맞이하고 있다. 또한 디지털기술의 유효

활용없는 설비의 고도화뿐만 아니라 코스트 퍼포먼스가 우수한 시스템 구축은 어렵게 되어 있다. 신뢰성이 있는 기술을 기반으로 종래부터 배양되어 온 우수한 기술과 경험 그리고 정신적인 뒷받침을 배경으로 고객과 더불어 매력 있는 화력발전소를 구축해 나가자 한다.☑

이 원고는 일본 三菱電機技報에서 번역, 전재한 것입니다. 본고의 저작권은 三菱電機(株)에 있고 번역책임은 대한전기협회에 있습니다.