

환경플랜트의 전기설비

(천안시 생활폐기물 소각시설을 중심으로)

강 신 규 <삼성엔지니어링 환경사업팀 선임엔지니어>

1. 사업개요

- 1) 대지면적 : 5,327평
- 2) 건축면적 : 1,015평 (공장동 및 관리동)
- 3) 구성시설 및 규모
 - 소각로 : 200톤/일 × 1기
 - 폐열보일러 : 27톤/시간 × 1기
 - 기타설비 : 에너지 재이용시설, 환경오염방지 시설, 관리동, 세차동, 경비동, 체육시설
- 4) 시설목적
 - 천안시에서 발생하는 생활쓰레기를 효율적, 안정적으로 소각처리
 - 고효율, 최적화된 소각 및 부대시설을 통하여 쓰레기의 위생적처리 및 전력, 스팀 등의 에너지를 생산 및 재이용
 - 쓰레기 매립으로 인한 국토 오염방지와 생활쓰레기 감량화 도모
 - 쾌적하고 깨끗한 자연환경 보전

2. 전기설비의 개요

도시쓰레기 소각시설은 매일 발생하는 생활쓰레기를 효율적, 안정적, 지속적으로 처리함은 물론 2차 공해 발생을 억제하고 소각처리를 통하여 발생하는 열에너지를 스팀, 전력 등으로 최대한 회수하여 에

너지절감 및 재이용을 할 수 있도록 하는 등의 기능을 갖는 도시지역의 중요시설로서 이에 대한 전기설비는 신뢰도가 높고 안정적이며, 주위환경에 적합하고 전기에너지 절약 및 안전대책이 충분히 고려된 양질의 전력을 공급할 수 있도록 시설하여야 한다. 따라서 이의 목적에 최대한 부합되도록 다음과 같은 전기설비를 구성하였다.

2.1 수변전설비

수변전설비의 계통은 그림 1과 같다.

한국전력공사 「서천안변전소」로부터의 22.9[kV] 3상 4선식 1회선을 전용배전선로에서 분기하여 소각설비 부지내 변전설의 특고압 수전반까지 인입하고, 지중인입구간에 대해서는 본 선로 사고시의 신속한 대처를 위하여 예비선로(Cable Head포함)를 갖추었다. 모선방식은 「단일모선」과 「이중모선」방식이 있으나 연간 30일 정도의 Shut-Down 정기점검기간 중 점검이 가능하므로 경제성을 고려하여 「단일모선방식」으로 구성하였다. 변압기는 2단강압 방식으로, 주변압기와 동력용 변압기 및 건축전기용 변압기로 계통을 구분하여 구성하였으며, 중량, 불연성, 보수성, 효율, 설치면적 등에서 특성이 우수하고 유리한 에폭시몰드형을 채택하였다.

수배전반 및 변압기설비는 전기적 특성과 유지관리용이성, 안전성을 고려하여 모두 큐빅형 수납방식

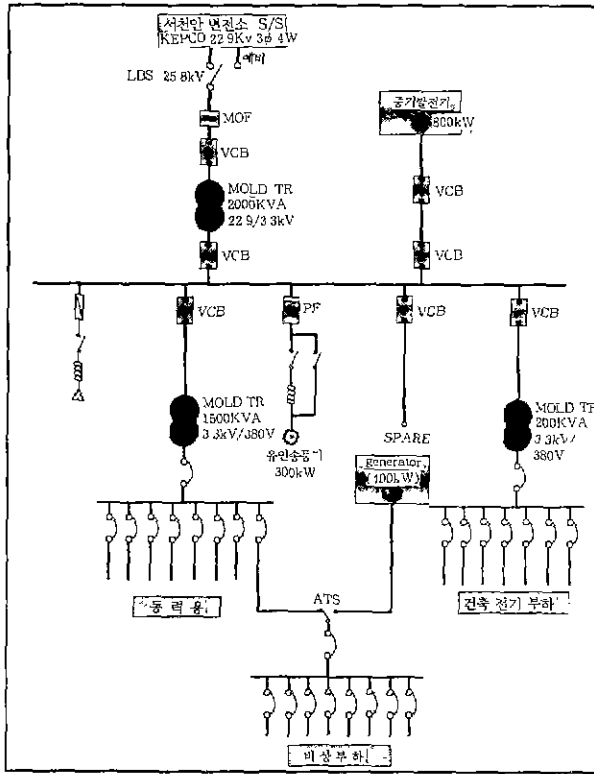


그림 1. 수변전설비 계통도

으로하고, 변압기 1차측 회로에 써지흡수기를 설치하여 VCB 개폐시 발생하는 써지전압으로 인한 관련기기의 장애를 최소화 하였다.

2.2 상용발전설비

소각로에서 발생하는 열에너지는 폐열보일러를 통하여 고압증기를 발생하도록 하며, 이를 이용하여 전력을 생산할 수 있도록 증기터빈발전기(800[kW])설비를 설치하였다.

소각로의 초기 가동시에는 한전전력을 이용하고, 정상가동에 돌입하면 증기터빈발전기의 발전전력을 한전전력계통과 병렬운전을 하도록 구성하여 기본적으로 소각시설용 전력으로 충당하고, 부족분에 대해서만 한전전력을 사용하도록 하였다.

한전전력계통과의 병렬운전을 위한 부대설비로 차단기반, 동기반, 자동전압조정장치, 속도조정장치,

자동역률조정장치와 보조계전기 설비를 함께 구성하였으며, 상용발전기의 기술적 사양은 다음과 같다.

- 정격전압 : 3.3(kV), 3상, 60(Hz)
- 정격출력 : 800(kW) (1000(kVA))
- 회 전 수 : 1,800(rpm)
- 역 률 : 0.8
- 결 선 : 성형(Y)

2.3 예비전원설비

2.3.1 비상발전설비

전원계통의 이상발생시 또는 정전시에 소각시설의 안정적인 운전정지를 위하여 비상전원을 공급하기 위한 디젤엔진구동형 비상발전설비(400[kW])를 설치하였다.

주요설비부하는 소각설비용으로 쓰레기투입문용 유압장치, 공정수 및 생활용수용 양수펌프, 탈기 급수펌프, 승강기설비, 소방설비, 비상조명, 항공장애등이며, 이들 비상부하는 ATS(Automatic Transfer Switch)에 의하여 정상시에는 한전전력을 사용하고 정전시에는 비상발전기 전원으로 자동 절체되도록 하였다.

비상발전설비의 기술적 사양은 다음과 같다.

1) 디젤엔진

- 회 전 수 : 1,800(rpm)
- 냉각방식 : 수냉식
- 시동방식 : 자체 축전지 전원에 의한 시동
- 사용연료 : 경유 (보조연료탱크부)

2) 발전기

- 형 식 : 회전계자 무브러시 형식
- 정격용량 : 400(kW)
- 정격전압 : 380(V), 3상, 4선식
- 역 률 : 0.8(Lag)
- 사용정격 : 연속
- 절연계급 : B중 이상
- 결선방식 : 중성점 직접접지식 성형 결선

2.3.2 직류전원 및 무정전전원설비(UPS)

DC110[V] 전원을 필요로 하는 각종 차단기와 비상조명설비용으로 충전기, 축전지 및 직류배전반으

로 구성된 직류전원설비(10kVA)를 설치하고, 전력 계통의 순간정전, 전압변동, 이상과형, 주파수변동 등에 의하여 중대한 지장을 받는 프로세스용 계기, 통신시설, 계장설비, 자동제어설비 및 자동화재경보 설비 등에 안정적이고 신뢰도가 높은 양질의 전원을 공급하기 위한 무정전전원설비(30kVA)를 설치하였다. 내장축전지는 방전특성이 우수하고 수명이 긴 고출방전형 니켈카드뮴 축전지를 적용하고, 직류전원 및 무정전전원설비 공용으로 사용하도록 구성하였다. 무정전전원설비는 장애발생시 Reserve AC Line을 통하여 상용전원을 무순단으로 전환공급할 수 있도록 Static Switch 및 By-Pass회로를 갖추도록 하였으며, 모든 장애발생 내용은 중앙감시제어 시스템(DCS)에서 경보 및 모니터링이 되도록 구성하였다.

2.4 동력설비

2.4.1 전동기

전력부하설비 중 주를 이루고 있는 것은 전동기 부하로서 설비의 운전여건 및 중요성을 감안하여 NEMA표준 MG-1과 기타 적용가능한 미국 및 국내표준에 의하여 선정하되 전전압 직입기동에 적합하며, 정격전압의 80[%]에서도 100[%]부하를 기동 및 가속이 가능하도록 하였다. 용량이 110[kW] 이상은 고압농형전동기(3.3[kV], 3상/F중절연, B종 온도상승)로, 그 미만은 저압농형전동기(380[V], 3상/B중절연)로 분류, 적용하였으며, 고압전동기에는 권선온도 및 베어링온도감지용 센서를 설치하여 운전온도감시 및 경보체계를 갖추어 사전에 이상감지를 할 수 있도록 하였다.

2.4.2 전동기제어반

1) 고압전동기제어반

육내폐쇄자립형 금속외함에 인출형 컴비네이션스 위치와 감압기동용 리액터 및 써지흡수기, 모터보호계전기, 각종 조작스위치 및 경보표시등으로 구성하고 운전전류감시용 신호변환기를 내장하였다.

2) 저압전동기제어반

— 강판개 수직자립형외함구조에 각각의 전동기별 단위Unit 인출형으로 하여 유지보수가 용이하도록

구성하고, 기동기의 크기(NEMA A급기준)는 전동기용량 및 운전형식에 맞게 0~4등급으로 분류, 적용하였다.

— 11[kW] 미만은 직입기동, 그 이상의 용량은 기동전류 격감을 위하여 Y- Δ 기동방식으로 구성하며, 과부하 보호를 위하여 보호특성이 우수한 전자식과전류 계전기(EOCR)를 설치하였다.

— 각 전동기회로에 적정용량의 역률개선용 콘덴서를 부설하여 항상 95[%] 이상의 역률을 유지하도록 하고, Remote-Local 셀렉터스위치를 설치하여 자동제어시스템과의 연계운전 및 수동운전이 가능하도록 하였다.

2.5 전력감시제어설비

2.5.1 개요

수변전 및 발전설비와 배전설비 등 전력계통은 중앙제어실에 설치된 Graphic Board에 운전상황을 표시하고 조작스위치로 원격조작할 수 있도록 하며 주요현황을 DCS에서 모니터링 할 수 있도록 구성하였다.

2.5.2 주요감시 및 제어대상

- 1) 22.9[kV] 수전계통 및 3.3[kV] 배전계통의 전압, 전류, 전력, 주파수, 역률
- 2) 각종 차단기 및 단로기의 개폐상태
- 3) 22.9[kV] 및 3.3[kV] 계통의 모든 보호계전기 작동경보
- 4) 3.3[kV] 모선 절환경보
- 5) 발전설비 관련 가동사항 및 보호계전기 작동경보
- 6) 비상 교류, 직류 및 무정전전원설비의 가동사항 및 계통 이상경보

2.6 조명설비

조명설비는 일반조명, 비상조명, 필수조명 계통으로 분류되며 그 내용은 표1과 같다.

2.7 통신설비

2.7.1 전화설비

전화설비는 「전기통신설비의 기술기준에 관한 규

표 1. 조명설비의 계통 분류

구분	주요내용		
조명계통	일반조명계통 : 소내용 전원이 정상적일때 모든 조명에 전원공급. 비상조명계통 : 정전 또는 비상시 안전대피 및 기기보호를 위한 조명에 전원을 급하여 중앙 제어실, 현장제어실, 전기실 등과 변전실 및 위지역을 연결하는 복도, 계단에 최소조도 유지 필수조명계통 : 소내 전원상실시 비상발전기로부터 전원 공급받아 중앙제어실, 전자기기실 등에 적정조도를 유지		
전원공급	일반조명계통 : 저압분전반 (380V/220V) 필수조명계통 : 비상용 MCC (220V 단상) 비상조명계통 : 직류전원공급반 (DC 110V) (비상구, 출입구, 복도, 계단 등에는 축전지 내장형 비상등을 사용)		
광원의 선정	일반옥내 : 형광등 높은천정 : 메탈헬라이드등 중앙 및 현장제어실 : 형광등		
에너지절감을 위한 방안	형광등 : 고효율 안정기 사용 백열등 : 형광식 백열전구 사용 (초절전용 18W) 옥외등 : 광스위치 사용 조명이 불필요한 지역은 부분소등 및 완전 소등이 가능하도록 스위치를 세분화 하고 교번회로를 구성하여 이상시 완전소등을 방지한다.		
제어방식	일반 장소 : 현장스위치 쓰레기 반입장 : 덤핑도어 제어실에서 원격제어 옥외조명 : 수동 및 광스위치 사용 자동제어		
조도기준	설치위치	Lux	등기구
	중앙제어 및 전자기기실 비상발전기실 화학실험실 계기실 사무실 쓰레기반입장 터빈발전기실 복도, 계단등 도로, 외곽	700Lux 500/300Lux 500/300Lux 300Lux 300Lux 200Lux 300Lux 100Lux 10Lux	형광등, 백열등 메탈헬라이드등, 형광등 메탈헬라이드등, 형광등 형광등 형광등 메탈헬라이드등 메탈헬라이드등 형광등 고압나트륨등
등기구설치	플랜트 내 모든 작업구역에 운전 및 보수작업에 최대 작업능률과 편리를 제공하고, 기타의 지역에도 작업원의 안전한 활동을 위하여 충분한 조명을 확보, 현관 및 로비등에는 실내 마감재와 조화되는 상들리아등(장식등)을 설치하고 견학통로는 미려하며 분위기 있는 조명을 창출한다.		

칙 제22조」 기준을 적용하며 그 내용은 다음과 같다.

1) 국선인입

관리동의 전화교환실까지 지중으로 인입하고 인입선은 CPEV 0.65 전화케이블을 이용하며 충분한 용량과 향후 증설용 예비관로를 확보하였다.

2) 자동전화 교환설비

- 설치위치 : 관리동 전화교환기실
- 기기구성 : 전자식 자동교환기, 20/100P 중계대(탁상형), 정류기, 밧데리, 단말기 등
- 기기기능 : 전 전자식 축적 프로그램 제어방식 공중선로를 이용한 데이터 통신기능, 교환기의 회선 확장 가능 국선, 내선 선택비화 및 동시통화 및 통제 가능하도록 한다.

3) 국선용 전화단자함

- 피뢰기내장 : 자동복구형 (인입선로 50P×1)
- 국선 20P/사선100P

4) 전화기

자동식 전화기(각 기능실과 상호교환가능)

5) 단자함

층별, 동별로 설치하여 수평 공급방식

6) 배선방식

MDF에서 각 단자함간에는 CPEV케이블을 사용하고 옥내배선은 UTP케이블을 사용한다. 전화용 Outlet는 사무실(업무계통)은 통합 Floor Box를 전 열과 공용하며 기타 부분은 벽 또는 기둥에 설치한다.

각 실별 전화 회선수는 증가되는 데이터 통신 등을 감안하여 충분한 회선수로 선정하였다.

2.7.2 방송 및 페이징 설비

1) 방송설비(소방규칙 기준규칙 기준)

- 주장치 : 관리동에 주앰프를 설치한다.
- 스피커 : 소각설비의 공장동 내·외부 및 사무실등 각 용도별 주요개소에 설치하여 실별방송, 옥외지역은 별도방송이 가능하도록 하였다.
- 구성 : BGM 방송 및 비상방송설비와 겸용하고, 주요실에는 음량조정기(Att)를 취부 계획하였다.

2) 페이징 설비

- 주장치 : 중앙제어실내 설치 계획.
- 핸드셋트 및 스피커 : 폐수처리실, Blower Room, 공기압축기실, 발전기실, 유인송풍기실, 쓰레기반입장, 소각설비실 등.
- 구성 : 자립 Rack형 주장치, 핸드셋트 장치, 스피커류 등.

2.7.3 인터폰 설비

1) 설치위치

- 주장치 : 중앙제어실
- 인터폰 : 소장실, 안내실, 크레인 운전실, 수위실, 승강기 및 기계실 상호간 등에 설치하며 전자 비화식으로 페이징 기능을 갖추어 건물 상호간 전화보조 수단으로 상호통화가 가능하도록 하였다.

2.8 방재설비

2.8.1 화재감지 및 경보설비

1) 설치기준

소방기술기준에 관한 규칙 제85조에 의한다.

2) 감지기

(1) 쓰레기 벙커 등 : 차동식 분포형 또는 공기관식

(2) 복도, 계단 등 : 이온화 연기식

(3) 기타 : 이온화 연기식 또는 차동식 스포트형

3) 구성

화재경보 주 수신반 (관리동), 발신기 (현장 필요개소)

4) 적용설비

(1) 자동화재탐지설비 : 1개의 경계구역은 600 [㎡]이하로 하고 건물내부에 수평거리 25[m] 이내마다 발신기를 설치(선정회로수 : 30회로)한다.

(2) 펌프 연동 : 옥내 소화전에 부착된 기동 발신 스위치를 통해서 펌프와 연동하여 기동이 가능 (선정회로수 : 5회로)

(3) 유도등 점멸 : 3선식 배선으로 하여 민방위 훈련 등 등화관제가 가능하고 주 수신반에서 소등이 가능하도록 별도의 스위치부(선정회로수 : 5회로).

2.8.2 접지 및 낙뢰 보호설비

1) 개요

접지 및 낙뢰 보호설비는 전기사고로 인한 전위 상승 및 낙뢰로 부터 인체보호나 기기장비의 안전 및 기능확보를 위하여 설치한다.

2) 접지설비

(1) 계통접지

- 22.9[kV] 특고압계통 : 직접 접지식
- 3.3[kV] 고압계통 : 비접지식

- 380[V] 또는 380-220[V] 저압계통 : 직접 접지식 또는 권선의 저압측, 중성점 접지식

- 비상용 디젤발전기 : 중성점 직접접지
- 직류전원 계통 : 비접지
- 기체류 연산 제어장치, 전산설비 : 단독접지

(2) 설치방식

나연동선으로 구성된 플랜트 접지망을 지하에 매설하고, 각 건물의 접지계통을 플랜트 주접지망에 연결한다.

3) 낙뢰 보호설비

- (1) 대상 : 연돌, 옥외탱크, 타워 등 주요 구조물
- (2) 기준 : 국내관련법규(KSC-9609) 및 IEEE, NFPA 78

(3) 방식 : 돌침방식

(4) 인하도록

피뢰침과 접지망의 접속은 최소 2개소 이상으로 인하도록 개별 접지하고, 피뢰침과 접지망 연결의 도체 간격은 30[m]이내로 한다.

2.8.3 항공장애등 설비

1) 설치기준

국내항공법과 항공법시행규칙 및 관계법령에 따라 설치하되 국내법규에 언급되지 않은 규정은 FAA (U.S. Federal Aviation Act) 적용한다.

2) 항공장애등

- (1) 설치장소 : 연돌(슈퍼 그래픽 도색)
- (2) 종류 : 상부 - 고평도, 중간부 - 저광도
- (3) 조작 : 수동/자동 조작이 가능하고 실효광도, 배경의 밝기에 따라 자동조절되도록 하였다.

3. 계장설비의 개요

계장설비는 도시 쓰레기 소각시설 및 관련 부대설비를 효율적, 안정적으로 제어함은 물론 안전하게 운전하기 위한 각종 역할을 담당하는 중요설비로서, 시설전체의 운전상태 파악 및 관리자료의 수집 및 데이터처리 뿐만 아니라 설비이상 및 고장에 대한 정확한 원인을 분석하고 이에 대한 적절한 대응 및 최적제어로 비용절감 과 폐열의 효율적 이용을 도모 하는데에 그 목적을 두고 그림 2와 같이 구성하였

다.

3.1 감시제어 계통

본 소각시설의 제어대상은 「주 설비계통」과 「보조설비계통」으로 나눌 수 있으며 이에 따라 다음과 같은 제어시스템을 구성하였다.

3.1.1 주 설비계통

- 1) 제어대상 : 소각로, 폐열보일러, 전력계통, 연료 및 공기계통, 급수 및 증기계통, 연소가스 처리계통
- 2) 자동화 장치 : 분산제어시스템(DCS)
- 3) 제어계획 : 제어대상의 각종 신호전송기로부터의 계측신호를 중앙제어실에 위치한 DCS, 그래픽 패널, 사고진단기록계에 입력시켜 상황감시 및 제어 Logic에 의한 자동 또는 수동제어가 가능하도록 구성

3.1.2 보조설비계통

- 1) 제어대상 : 폐수, 소각재 및 연수처리설비, 세차, 유압, 공조설비, 압축공기시스템, Soot Blower 시스템, 쓰레기크레인 및 계량설비, 버너시스템, 증기터빈 발전기, 폐쇄회로 텔레비전 등
- 2) 자동화장치 : 각 설비별 전용제어시스템 구성 및 DCS와 연계
- 3) 제어계획 : 각 설비별 전문업체의 전용 패키지 제어시스템으로 기본 구성하고, 현장 해당설비위치에서의 감시조작은 물론 중요제어요소와 비정상상태 등은 중앙제어실에 위치한 DCS에서도 운전, 감시할 수 있도록 구성

3.2 감시제어 시스템의 구성

3.2.1 중앙제어실/전자자기실 설비

- 1) 분산제어 시스템(DCS)
 - Operator Station : 2 Sets
 - Engineering Work Station : 2Set(Operator Station 겸용)
 - Process Control Station : 1Lot
 - 음성경보시스템
 - 프린터(경보, 로깅, 칼라하드카피용) : 3Sets
- 2) 관리감시용 전용 그래픽 패널(Supervisory Panel)

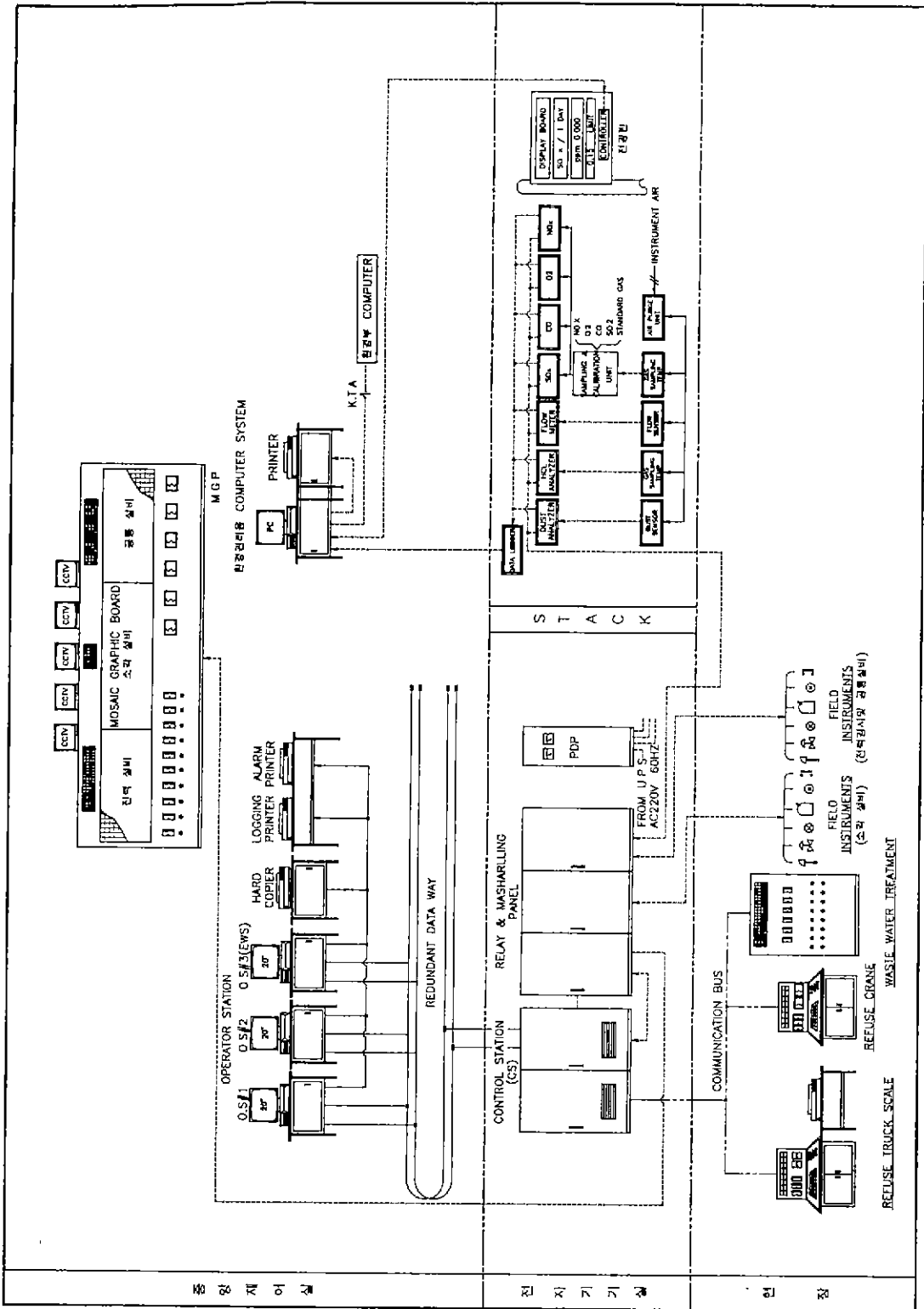


그림 2. 제장설비 시스템

- 3) 배출가스 공해물질 감시시스템(T.M.S)
- 4) CCTV 모니터 및 조작장치

3.2.2 현장 및 옥외설비

- 1) 각 PACKAGE 설비용 현장제어반
- 2) 현장 계기반 및 락
- 3) 현장 분석기기
- 4) 현장 폐쇄회로 텔레비전(CCTV) 시스템
- 5) 환경전광판(소각로 배출가스 감시용)

3.3 주요 감시제어시스템별 개요

3.3.1 분산제어시스템(DCS)

각 현장계측장비 및 설비로부터의 입, 출력신호를 수용하여 제측, 자동 및 원격제어, 감시, 신호전송, 정보처리, 분석등 종합적이고 효율적으로 설비를 운용할수 있도록 하며, 필요에 따라 확장 및 변경이 용이하도록 개방형구조로 하되 입, 출력 모듈을 제외한 모든 구성요소는 이중화(Full Scope Redundancy)하여 어떤 구성요소가 고장이 생기더라도 예비장치로 자동교체(Automatic Fail Over) 운전이 가능하도록 하고, 자기진단기능에 의하여 고장상황 파악 및 대처가 용이하도록 하였다.

3.3.2 관리, 감시용 전용 그래픽 판넬(Supervisory Panel)

전력계통을 감시할 수 있는 전력감시반과 소각설비의 운전상태 및 공정을 감시할 수 있는 공정감시반으로 구성되며, 그래픽보드는 소각로설비, 여열이용 및 전력발생설비, 배가스처리설비 및 수처리설비를 공정별로 구성하여 한눈에 전체설비의 상황을 파악할 수 있도록 하였다.

3.3.3 배출가스 공해물질 감시 시스템

1) 가스분석장치

SOx, NOx, Co, DUST, HCl 및 O₂를 측정할 수 있는 분석계로 구성되며, 분석기기는 현장지시형으로 마이크로프로세서를 기초로한 자동교정, 자동퍼지, Selectable Range 및 제어기능을 갖추고, 중앙 제어실의 DCS에 경보를 발하고 CRT 화면에 표시되도록 하였다. 가스분석장치는 다음과 같다.

- O₂ 분석기 : Zirconium Oxide Cell
- NOx 분석기 : Ndir(비분산 적외선 흡수법)

- SOx 분석기 : Ndir(비분산 적외선 흡수법)
- HCl 분석기 : 이온 전극방식
- CO 분석기 : 열 전도를 방식 또는 Ndir
- DUST 분석기 : 광 산란법
- 가스유속 측정 : Pitot Tube

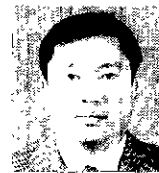
2) Telemetry System(T.M.S)

T.M.S는 Data Logger, Front End Processor, Data Acquisition System으로 구성되며, 배출가스 분석자료 보관용으로 자체 컴퓨터 및 프린터를 갖추고, 모뎀 및 전용통신 Line을 이용하여 환경처에 Data 전송을 행한다.

3.3.4 환경 전광판

현재 배출물 오염도의 환경기준치 및 실측치의 현황과 캠페인, 기타 정보표시를 다양하게 구성된 프로그램으로 표출하므로써, 지역주민 홍보효과와 소각설비에 대한 이미지 개선을 목적으로 제작, 옥외에 설치하는 대형 정보전달 매체이다.

◇ 著 者 紹 介 ◇



강 신 규(姜信圭)

1962년 4월 30일생. 1985년 숭실대학교 전기공학과 졸. 1988년~현재 삼성엔지니어링(주)제작중. 환경사업팀 선임엔지니어. 전기공사기사 1급