

화력발전소용 버너관리 시스템 구성과 하드웨어 설명

신만수, 김병철
한전 전력연구원

The Integration of Domestic Burner Management System for Thermal Power Plant and Hardware Explanation

Mahn-Su Shin, Byung-Chul Kim
KEPCO KEPRI

Abstract - In this Paper, we are trying to think over the integration of domestic burner management system for thermal power plant. The detailed contents are the power plant system overview and the integration of system and the hardware explanation and changing the burner management system in the local equipments.

1. 서 론

화력발전소의 버너관리 시스템(BMS: Burner Management System)은 보일러의 연소관리 및 사고방지의 핵심역할을 하는 중요 설비로써 장기사용발전소의 경우 장기사용에 따른 노후화로 고장이 증가하는 추세에 있어 설비의 일부 또는 전부를 교체해야 하는 실정이다. 그러나 지금까지는 발전소 버너관리 시스템에 대한 국산화 개발 및 실용화 실적이 없어 값비싼 외국 제품을 사용할 수밖에 없는 상황이다. 이러한 개발 필요성에 따라 전력연구원과 국내 개발업체가 서로의 장점을 결합한 즉 한전의 시스템 엔지니어링 기술과 개발업체의 설계, 제작기술이 상호 결합된 협동연구방식으로 1999년 11월부터 2001년 10월까지 연구비를 공동 투자하고 공동 연구하여 고 신뢰성의 버너관리 시스템을 개발하여 해당발전소에 성공적으로 적용하여 현재 상업운전 중에 있다.

2. 본 론

2.1 적용 발전소의 보일러 개요

적용 발전소의 보일러 형식은 중유 전소식, 반옥외형, Steam Drum, Water Cooled Furnace, 자연 순환식이다. 과열기 출구 증기 유량 614 (ton/h), 과열기 출구 증기 압력 146.5(kg/cm²), 과열기 출구 증기 온도 541(°C)이고 버너는 Return Flow, Tilting Tangential 버너 조립체가 3개층 4 코너 도합 12개가 설치되어 있다. 주버너는 Mechanical Atomizing Type으로 Oil Gun으로 들어간 중유는 적당량을 분사하고 나머지는 환송관을 통하여 중유 저장조로 다시 보내진다. 버너에는 점화를 용이하게 하기 위하여 압축공기로 분사되는 전기식 점화기가 버너마다 1개씩 설치되어 있으며 또한 버너 가동시 압력 및 온도 상승을 위한 예열용 버너가 버너가 설치된 3개층 중 최하층에 각 코너마다 설치되어 있다. 점화기와 예열용 버너는 공기 분사 형식이며 이들의 연료는 경유 저장조에 저장된 경유를 급유 펌프에 의해 공급받는다. 연소용 공기는 두 대의 강압송풍기에 의해 대기에서 흡입되어 공기예열기를 거치면서 예열되어 버너에 공급된다.

버너 조립체에 대해서 좀더 부연 설명을 하면, 약

5.5 [m] 높이며 Burner Wind Box와 Ignitor Wind Box로 구성되어 있다. 주 버너 조립체의 각 층간은 그림 1에서와 같이 7개의 수평격실로 분할되어 있으며 세 개의 교번 격실은 Oil Gun과 화염 감지기를 포함한 연료구역실로 되어 있고 두 개의 중간격실과 상하 격실은 연소용 공기만이 유입되도록 되어 있다. 그리고 중앙에서 가상원을 그리도록 버너 노즐에서 연료와 공기가 분사되도록 되어 있으며 버너 노즐 틈을 수평에서 상하로 각각 30도 정도를 움직일 수 있다. 주 버너 설비는 인입 인출할 수 있는 Oil Gun이 3개층에 걸쳐 연료 격실에 설치되어 있고 Oil Gun에 인접한 점화기 Wind Box를 통해 역시 3개층으로 설치되어 있다. 점화기 설치는 연료분사의 진행방향을 가로지르도록 되어 있다. 점화기는 Oil Gun의 점화, 노의 예열 및 부하증가의 점화를 도울 목적으로 사용되고 또한 인접된 Oil Gun의 최초 점화를 돕고 저부하운전 기간의 점화를 도울 목적으로 설치된다.

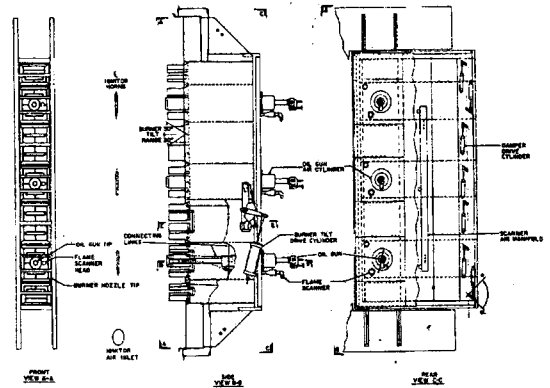


그림 1. 버너 조립체 구성

2.2 적용 시스템의 개요

시스템은 그림 2에서와 같이 OIS(Operator Interface Station), RCS(Remote Control Station) 및 주변 기기인 프린터와 이들 시스템을 연결하는 데이터웨어로 구성되어 있다. OIS는 사용자에게 강력한 GUI(Graphic User Interface)를 제공하는 MMI(Man Machine Interface) 장치로써 시스템에 최소 1대에서 최대 30대까지 접속할 수 있으며, 플랜트를 직접 제어하는 RCS는 최대 15 스테이션까지 접속이 가능하다. 또한 이들 시스템 구성기기는 고속의 데이터 웨이인 이더넷(Ethernet)에 연결되며 상위 컴퓨터나

타 시스템과의 인터페이스가 용이한 개방형 시스템 (Open System)으로 되어 있다.

세부적으로 살펴보면, OIS는 시스템 내에서 운전 기능과 데이터베이스 기능을 수행하며, 또한 각종의 엔지니어링 데이터의 생성 및 수정을 행하는 스테이션으로써 데이터의 작성 및 시스템의 효율적인 운영을 위한 유틸리티 소프트웨어가 탑재되어 있다.

다음으로 RCS에 대해서 살펴보자. OIS에서 작성된 프로그램에 따라 플랜트를 직접 제어하는 스테이션으로써 IEC61131-3의 IL, LD, SFC 방식에 의해 작성된 제어프로그램으로 루프 및 시퀀스 제어를 행한다. 또한 제어부, 전원부, 통신부 등을 이중화함으로써 신뢰성은 시스템으로 구성되어 있다. 시스템의 특징은 최근 산업용 시스템의 표준으로 자리잡은 범용의 Windows-NT(또는 Windows 2000 Professional)을 운영체제로 채택하여 다양하고 풍부한 편의 기능과 타 시스템과의 호환성을 확보하는 개방형 시스템을 채택하고 있고, 현장 레벨에서의 새로운 배선체제인 필드버스(Field Bus)를 적용하여 다양한 형태의 시스템 구성이 가능한 개방형 네트워크를 채택하고 있고, OIS에 범용의 IBM 호환기종 컴퓨터를 적용하여 범용기술의 발전에 따라 고 신뢰성이면서 고성능의 하드웨어를 시스템에 신속히 적용할 수 있도록 하며 Process Control Station인 RCS는 국제표준규격에 따라 설계되어 개방형 하드웨어를 채택하고 있으며, IEC 61131-3 제어언어를 근간으로 하여 제어용 프로그램을 작성하도록 함으로써 제어프로그램을 적합한 기술표현 방법으로 다양하게 표현할 수 있는 개방형 제어언어를 채택하고 있다는 것이다.

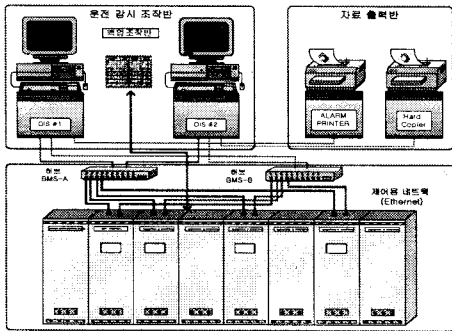


그림 2. 버너관리 시스템 구성도

2.3 적용 시스템의 세부 구성

기존 시스템과 개조 후의 시스템 구성에 대해서 알아보기로 한다.

2.3.1 적용전 시스템 구성

버너 제어 계통은 개량된 Diode Transistor Logic 계통으로 Load Carrying Oil Gun과 관련된 Flame Scanner 및 Burner Wind Box Damper들을 원격 수동 조작토록 되어 있다. Load Carrying Oil Gun은 기계분사식 Oil Gun으로 중유를 연소하며, Warm up Oil Gun은 맨 아래층(Elevation-A)에서 Light-off시나 Warm-up 기간동안 Air 분사식 Oil Gun으로써 경유를 연소하게 되어 있다

버너 로직 시스템은 보일러의 모든 Oil Gun, Wind Box Damper들을 원격 제어하는 기구으로써 이들을 자동으로 안전하게 운전하기 위하여 모든 시퀀스를 발생하고 보호 감시하는 역할을 하기 때문에 Furnace Safeguard Supervisory System(FSSS)라고 부른다. 이 계통은 CE(미국, Combustion Engineering Co.)사 제품이며, 전자기실에 있는 7개의 철제 캐비닛과

보일러 콘솔에 있는 Control Switch Board, 그리고 3개의 Burner Elevation에 산재해 있는 Pneumatic Valve, Diaphragm Control Valve, Pressure Switch, Temperature Switch 및 Oil Gun and Ignitor Control Mechanism으로 구성되어 있다. 전자기실에 있는 7개의 철제의 캐비닛에는 전원장치와 704개의 Solid State Logic Card(Diode Transistor Logic)가 들어 있다.

전원 분배 캐비닛은 시스템 전원을 공급하기 위한 480/120 [V AC], 10 kVA 변압기 2대, 화염 검출기에 전원을 공급하는 120/118 [V AC] 정전압용 변압기 3대, 전원 자동 절체 장치 및 축전지 전원 수전으로 구성되어 있다. 상황발생시 전원 자동 절체가 정상운전용 전원에서 비상운전용 전원으로 이루어지는데, 서로 다른 전원 모션으로부터 전원을 공급받는다. 축전지 125 [V DC] 전원은 FO Trip Valve 및 LO Trip Valve 구동 전원으로 사용된다.

로직 전원 공급 캐비닛은 버너 로직 시스템에 소요되는 각종 직류 로직 전원을 공급하는 장치로써 Logic Power Supply-A 및 Logic Power Supply-B Cabinet로 되어 있다. 두 개의 로직 전원 공급장치는 병렬로 로직 전원을 Elevation 및 Unit Cabinet에 공급하며 어느 하나가 고장이 나도 나머지 하나으로써 전 시스템의 전원공급이 가능하다(+15V DC, -15V DC, +24V DC, +110V DC 등).

Unit Cabinet은 Boiler Unit 전체의 공통되는 기기의 운전 시퀀스와 기동, 정지 및 보호에 관련된 인터록 신호를 발생한다. 인터록 사항은 Boiler Furnace Purge, Light Oil Trip Valve, FO Trip Valve, FO Recirculation Valve, Emergency Trip, Air Damper Control등 각 버너 중에서 공통 적용되는 Unit 전체적인 사항이다.

Elevation Cabinets은 Elevation-A, Elevation-B, Elevation-C의 운전조작에 관련되는 Cabinet로 각 Cabinet에는 해당 Elevation에 있는 기기들의 적절한 운전 시퀀스가 들어 있다. Elevation-A에는 Warm-up Oil계통의 로직이 추가되어 있고 Elevation-B와 Elevation-C는 시퀀스 구성이 같다.

2.3.2 적용후 시스템 구성

Digital Input/Output Card는 32 Point를 기준으로, Analog Input/Output Card는 16 Point를 기준으로 설계되었다.

구분	Unit	Elev-A	Elev-B	Elev-C	합계
DI	110/4	186/6	137/5	137/5	570/20
DO	108/4	134/5	109/4	109/4	460/17
AI	32/2				32/2
AO	32/2				32/2
DI(예비)	64/2	96/3	96/3	96/3	352/11
DO(예비)	64/2	64/2	64/2	64/2	256/8
합계	410/16	480/16	406/14	406/14	1702/60

표 1. 시스템 규모

버너관리 시스템의 사용 전원은 그림 3과 같이 AC 120V 와 DC 125V가 있는데 AC 120V는 시스템의 이중화 시스템과 입출력 확장배이스 전원공급, 릴레이, 화염 검출기 증폭기, 현장 솔레노이드 밸브 구동전원 등에 전원을 공급하고, DC 125V는 버너 Trip Valve 동작 솔레노이드 밸브 구동전원을 공급한다. 이에 필요한 전원 공급은 버너 관리시스템 전용 UPS

(Uninterrupted Power Supply System)를 통하여 공급하는데 AC 480V(3상) 받아 기존 UPS와 직렬 이 중화로 구성하였다.

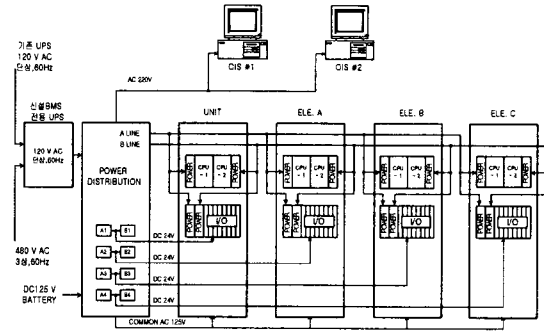


그림 3. 적용발전소 BMS 전원 계통도

PLC 통신모듈간의 통신방법으로 고속링크를 사용하며 특정 시간마다 주기적으로 상대국의 데이터나 정보를 교환한다. 자신 또는 상대국의 변화되는 데이터를 서로 주기적으로 참조하여 운전하는 시스템에 효과적으로 사용하고 간단히 파라미터 설정만으로 통신을 수행할 수 있다. 파라미터 설정방법은 로직 작성 소프트웨어의 고속링크 파라미터에서 송수신하려는 상대국 영역과 자기 영역을 지정하고 데이터 크기, 속도, 국번을 지정하여 통신을 수행한다. 데이터 크기는 최소 1워드에서 12,800워드까지 통신가능하고, 통신 주기는 20 ms에서 10초까지 통신 내용에 따라 설정 가능하다. 간단한 파라미터 설정만으로 상대국과 통신이 가능하므로 쉽게 사용할 수 있고 내부 데이터 처리 또한 고속이므로 많은 데이터를 한꺼번에 주기적으로 유용하게 사용할 수 있다.

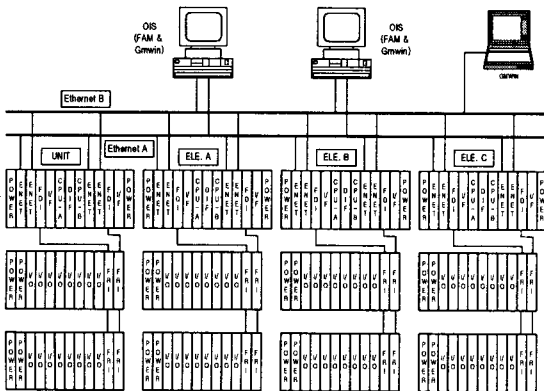


그림 4. 네트워크 이중화 구성도

CPU 시스템의 이중화는 아래와 같이 이중화 베이스에 두 대의 CPU 시스템을 접합시켜, CPU 및 전원의 이중화를 실현하고 있다. 즉 하나가 마스터로 운전 중에 마스터의 이상이 발생하면 다른 하나가 자동으로 마스터가 되어 운전을 계속하게 된다. 고장난 CPU를 복구한 후 사용자는 프로그램을 및 키 스위치등을 이용하여 다시 마스터의 전환을 할 수 있다.

I/F 모듈 장착위치에는 통신모듈을 장착하여 분산 제어 시스템의 구성이 가능하다. 이중화 베이스에서 베이스 정 중앙에 DIF 모듈을 두고 좌우측에 각각 이중화

CPU가 위치하고(양쪽 CPU 버전이 동일해야 함), 마스터 측의 0, 1, 2, 3 위치의 모듈 종류와 슬래브 측의 0, 1, 2, 3 위치의 모듈이 같은 종류의 제품이 되어야 한다 즉, 마스터 측의 0 슬롯에 Ethernet 모듈이 장착되면 슬래브 측의 0 슬롯에도 Ethernet 모듈이 장착되어야 한다.

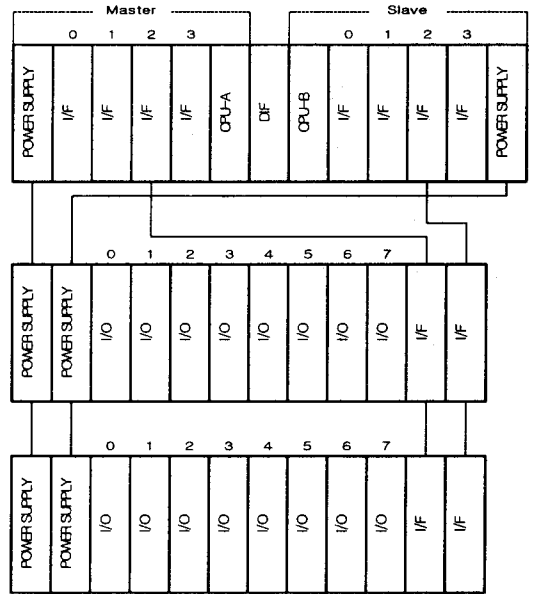


그림 5. 확장형 이중화 기본 베이스

2.3.3 현장 교체 설비 정확기

정확기 설치에 있어서 중요한 것 두가지가 있는데, 정해진 시간안에 점화를 안정되게 할 수 있는냐는 것과 점화여부를 신뢰성있게 감지해낼 수 있는냐는 것이다. 진자가 불꽃 방전을 시켜주는 점화기용 변압기의 역할과 경유와 공기의 적절한 분사압력이라고 볼 때 후자는 그림 6에서 보는 바와 같이 화염 검출기의 역할이라고 볼 수 있다. 적용 발전소에서는 중유 및 미분탄 화염 검출에 적합한 적외선 검출기 형식을 적용하였다. 그것에 대해서 좀더 자세히 살펴보기로 하자.

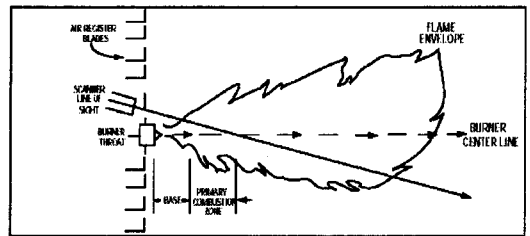


그림 6. 화염 검출기

고주파 명멸현상을 이용하여 화염을 감지하는 적외선 화염검출기는 미분탄이나 연료유 연소화염검출에 널리 이용되는데, 검출단(Viewing Head)의 관측시각(Sight Angle)은 가능한 버너 중심축에 평행하면서 일차 연소대역(Primary Combustion Zone)에 가장 가깝게 설치되어야 한다. 적외선 화염검출기는 가스 연소화염에는 응답을 하지 못하므로 연료유 연소화염과 가스 연소 화염 또는 미분탄 연소과 가스 연소화염의 구별이 용이해진다. 그러나 가스를 미분탄 연소시 보조연료로 사용할 때 미분탄 버너를 가스 연소화염과 함께 일정기간 연소가 이루어지게 되고 이 기간에는 미분탄 입자 연소로 인

한 화염멸명 현상이 발생되기 때문에 미분탄 연소화염과 가스 연소화염을 쉽게 구별할 수가 없게 된다. 이와같은 문제를 방지하려면 적외선 검출기 설치시 가스연소 화염 근으로부터 멀리 떨어진 부위를 적외선 검출장치에 내장된 자동이득제어기능(Automatic Gain Control)으로 하여금 가스 연소 화염으로 인해 빛의 밝기(Brightness)는 계속되지만 미분탄 버너가 소화되므로써 높은 주파수의 명멸성분(High Frequency Flicker Content)이 감소될 때 출력신호를 급감시키는 동작을 수정토록 하여 잔여 미분탄 연소화염과 가스 연소 화염을 구별할 수 있도록 한다.

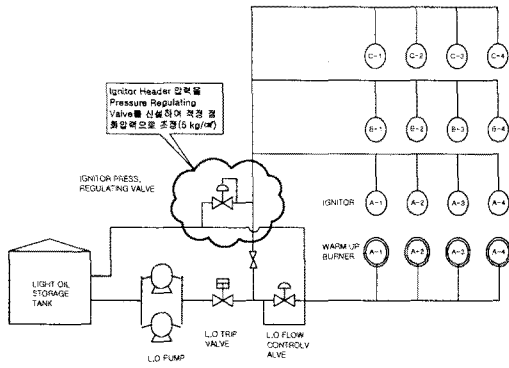


그림 7. Light Oil Schematic Diagram

Ignitor Trip Valve는 별도로 설치되어 있지 않고 Light Oil Trip Valve가 겸하고 있다. 기존 점화기 계통에서는 Light Oil Trip Valve 후단에 수동 밸브를 거쳐 Ignitor Oil Header를 통하여 각 점화기로 공급된다. 그런데, Light Oil Header에는 경유 압력이 약 14[kg/cm²] 정도 되는데 최적 점화 압력 시험을 한 결과에 의하면 Ignitor Header 압력이 약 4~6[kg/cm²] 정도에서 점화가 잘 되었기 때문에 그림 6과 같이 감압밸브를 신설하여 Ignitor Header 기준으로 5[kg/cm²]로 설정 유지하여 각 점화기에 보내지도록 개조하여 최적 점화상태를 유지하여 점화가 실패하지 않도록 하였다.

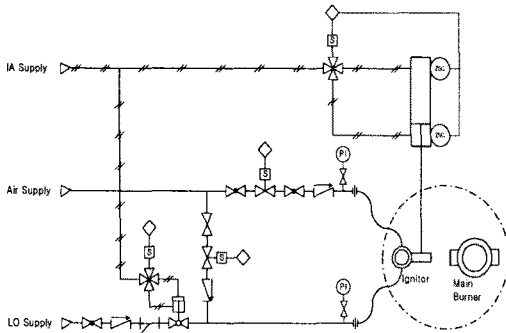


그림 8. Ignitor System

점화기 설계 사양은 다음과 같다.
 점화기 형식 : Electric Spark (Pulse)
 사용연료 : Diesel Oil
 연료유 설계압력 : 5 kg/cm²
 분무용 공기압력 : 6 kg/cm²
 공기 소모량 : 15.6 /h
 연료 소모량 : 50 l/h

점화기용 변압기의 설계 사양은 다음과 같다.
 형식 : Spark Gap Tube
 입력전압 : AC 110 V, 60 Hz
 출력전압 : DC 2650 V
 Spark Rate : 1 2 Sparks / sec
 화염 검출기의 설계 사양은 다음과 같다.
 Head & Amplifier(Fireye)
 Head : 45 RM4
 Amplifier : 25SU3-5166

3. 결 론

버너관리 시스템의 교체 전후를 비교하여 살펴보면 다음과 같다.

첫째, 이중화 시스템으로 신뢰성을 확보하였다. 일부 고장이 발생하더라도 운전이 지장을 주지 않고 연속 운전이 가능함으로써 기존 다이오드 트랜지스터 로직으로의 아날로그 카드로 된 설비의 운전에서는 크게 지장을 초래했었던 것에 비해 신뢰성을 크게 확보하였다.

둘째, 로직의 자동화로 운전 조作的 편의성을 제공한다. 기존의 반자동 수동조작의 운전 형태에서 원터치 개념의 완전자동화로 버너의 점·소화를 완전 자동화시켜 운전원의 조작사항의 축소와 신속한 조작과 감시가 용이하다.

셋째, 신속한 원인파악으로 정비의 정확성과 효율성을 높여준다. 과거 경보기록과 시스템 경보기록 그리고 과거 트렌드 화면 등 여러 가지 다양한 정비관련 상태파악과 실시간 로직 다이어그램으로 신속하게 원인을 파악 조치하게 하고 시험 확인을 할 수 있다.

넷째, 설비개선 등의 로직 수정이 용이하다. 기존의 아날로그 제어 시스템에서는 로직 수정이나 보완이 결선을 통한 복잡한 작업을 통하여만 이루어졌으나, 래더 다이어그램으로 쉽게 로직 수정을 할 수 있고, 운전화면 추가와 수정이 소프트웨어적으로 가능하며, 또한 온라인에서 '런중쓰기' 기능을 사용하여 운전중이라도 수정을 할 수 있어 시운전 및 설비개선 시험 등 신속한 적용으로 정비시간을 단축할 수 있다.

다섯째, 예비품 확보 및 정비관리가 편리하다. 기존 시스템은 제작사의 부품 생산 단종 등 예비품 확보가 어려웠으나, 국산 개발 시스템으로 예비품 확보 및 풍부한 설명서와 설비에 대한 전문가로부터 조언, 교육 및 기술 지원을 받을 수 있다.

여섯째, 외국산과 비교하여 가격경쟁력 우위확보이다. 외국제품과 비교하여 가격경쟁력 우위를 확보하여 경쟁함으로써 외자 도입에 따른 외화 지출억제와 투자비를 절감할 수 있다. 이밖에 개발한 본 시스템의 실용화 적용은 저 비용, 고 신뢰성의 제품인 동시에 고객이 만족하는 편리한 제품으로 개발하여 성공적으로 적용함으로써 버너관리 시스템의 설계, 제작 및 시공기술의 자립과 장기 사용발전소의 교체시 대체 적용이 가능하게 되어 외자 도입에 따른 외화 수요를 억제하고 기술자립으로 국가경쟁력 향상 및 발전원가 절감에 기여할 것으로 기대된다.

[참 고 문 헌]

- [1] 박동용외, "국산개발 보일러 디지털 분산제어시스템의 화력발전소 실용화 최초 적용", 대한전기학회 하계학술대회, D권호, 2156~2159, 2001
- [2] 임주일, 영남화력 제1호기 기본운전지침서, 제1권호, 11~182, 1991