

## 저열량탄 혼소 전문가시스템 구현 방안

**김해순\***, 김선익\*, 주용재\*, 김지현\*, 김태형\*  
한전 전력연구원\*

### Mixed combustion expert system for General Manager at Thermal Power Plant

Hae Soon Kim\*, Sun-ic Kim\*, Yong Jae Joo\*, Ji hyun Kim\*, Tae Hyung Kim\*  
Korea Electric Power Research Institute\*

**Abstract** - Mixed combustion expert system is implemented to prevent various problems in combustion process by increasing rate of mixing low calorific value coal to reduce costs. This system shows optimal coal mixture rate by interfacing CBS(Coal Blending Screener, Implementing slagging and fouling factors by coal characteristic and algorithm), SGE(Stream Generate Expert, Combustion process model) and CFS(Configured Fireside Simulator, Computational fluid dynamics).

### 1. 서 론

미분탄화력발전소에서는 보일러 설계의 기준이 되는 석탄 성상을 설계탄(Design Coal)이라 하고, 설계탄을 기준으로 설계 제작된 발전설비가 성능보장 허용 범위내에서 정상운전이 가능하도록 석탄의 규격이 정해져 있다. 최근에는 중국 경제의 급성장으로 인한 석탄소요량 증가와 세계 석탄시장 여건변화 등으로 인해 국내로 수입되는 석탄의 품질이 매우 다양해지면서 보일러 설계범위를 벗어나는 고휘발분 아역청탄 계열의 규격외탄 공급이 지속적으로 증가하는 추세이다.

이에 따라 분탄 또는 수분 함량이 높은 탄으로 인한 석탄 이송과정에서의 막힘 현상, 고 휘발분 탄의 장기저장에 따른 자연발화, 열량저하에 따른 미분기 등 보조기기의 용량저하, 저화용점탄 연소에 따른 클링커 발생 및 제열증기온도 저하, 낮은 분쇄성, 석탄 분쇄과정에서의 미분기 화재, 환경설비 용량 변화 등 다양한 문제점을 유발할 가능성이 지속적으로 증가하고 있다.

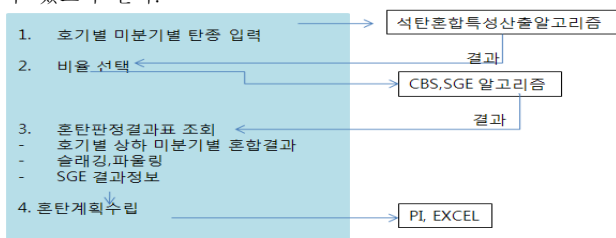
이러한 문제점으로 인해 현재의 연소설비에서는 다양한 탄종의 연소 최적화 및 규격외탄 도입량 증가에 따른 능동적인 대체가 곤란하다. 이러한 문제점에 대응하기 위해 현재의 연소설비 및 환경설비에 대한 정밀진단을 통해 규격외탄 사용시 발생될 수 있는 제반 문제점을 분석하여 설비보강 및 운전개선 방안을 확보할 필요가 있다.

### 2. 저열량탄 혼소 전문가 시스템 개요

발전사는 원가절감을 위해 저가의 저열량탄 혼소율을 지속적으로 증가시켜 왔으며, 이로 인해 대형 크링커 발생 등에 의한 발전설비의 불시정지 사례가 빈번하게 발생되고 있어 손실 비용 발생이 증가하고 있다. 이에 대한 대책으로 혼소에 의한 연소설비 영향성을 분석하고, 저열량탄에 의한 제어특성, 석탄 성상 대 설비수명의 상관성을 분석하고, 연료비 등을 종합적으로 고려한 실질적인 경제성을 실현하기 위한 평가용 틀을 구현하게 되었다.

#### 2.1 저열량탄 혼소 전문가 시스템 업무처리 절차

저열량탄 혼소 전문가 시스템은 발전소 호기별, 미분탄기별로 석탄의 탄종을 선택하고, 선택한 탄종에 따른 석탄의 성상과 회성분 등의 석탄혼합 특성을 산출하여, 석탄의 혼소 비율을 선택한다. 선택된 혼소비율에 따라 CBS(Coal Blending Screener), SGE(Steam Generate Expert)의 결과를 담당자에게 주어 혼탄계획을 수립할 수 있도록 한다.



**〈그림 1〉 저열량탄 혼소 전문가 시스템 업무처리 절차**

#### 2.2 저열량탄 혼소 전문가 시스템 운영환경

저열량탄 혼소 전문가 시스템은 발전소의 다양한 운전정보, 석탄의 성상 정보를 한화면에 처리해야 하므로 운용시 높은 해상도의 PC가 필요하고, 탄종변화에 따른 발전소의 슬래깅, 파울링 성향 및 연소 시뮬레이션, NO<sub>x</sub>시뮬레이션이 백그라운드에서 운영되어야 하므로 4G이상의 RAM이 권장된다.

**〈표 1〉 저열량탄 혼소 전문가 시스템 운영환경**

구분	요구사항
S/W	OS: Microsoft Windows XP SP2 or Win 7 DB: MS SQL Express (무료) 프레임워크 : .NET Framework 4.0 Above 개발언어 : Microsoft C#
H/W	CPU: Intel® Pentium 4계열(Multicore) 상위버전 RAM: 4GB VideoCard: Open GL과 DirectX 9 호환카드 - 비디오램 1GB 이상, 해상도 1920×1080

#### 2.3 저열량탄 혼소 전문가 시스템 구성 모듈

저열량탄 혼소 전문가 시스템의 S/W구성 모듈은 담당자가 선택한 석탄의 성상에 따른 평가할 수 있는 혼탄 평가부분, 탄의 연소시 연소의 최적성을 평가하는 부분, 운전원 및 혼탄 전문가가 결과를 볼 수 있는 세부부분으로 크게 구성되어 있다.

혼탄 평가부분은 혼탄 담당자들이 업무처리를 할 수 있도록 GUI를 용이하게 구현하고, 업무상 가장 편하게 활용하는 액셀을 배제하지 않도록, 인터페이스로 처리하여 사용될 수 있도록 설계하였다. 구현의 결과로 담당자는 최적의 혼탄비율을 제시 받아 혼탄을 선택할 수 있도록 되었다.

연소의 최적성을 평가하는 부분도 CFS(Configured Fire Side Simulator), CBS(Coal Blending Screener), SGE(Steam Generate Expert)로 구성되어 있다. CFS(Configured Fire Side Simulator) 모듈은 유체전산역학(Computational Fluid Dynamics)으로 CFD 시뮬레이션을 간단한 운전조건 입력만을 통해 쉽게 실행할 수 있도록 구현했다. 구현결과로 운전조건변화에 따른 화로내 연소 환경변화를 알려주고, 발전소 현장에서 취득된 운전자료 중심으로 현장의 경험과 필요한 실제현황을 시뮬레이션화하여 해석가능하도록 되었다. 이로써 사용자가 CFD시뮬레이션에 시간을 소모하기 보다는 실제 해석과 솔루션을 얻는데 더 많은 노력을 기할 수 있게 되었다. CBS(Coal Blending Screener)모듈은 개별탄과 혼탄의 최적 성능을 알려줄 수 있도록 석탄 성상과 여러 경험지수에 기초하여 최적 석탄과 보일러 선택 가이드를 제공한다. 각 탄은 회 성상에 따라 역청탄타입 또는 갈탄타입으로 나누어지고, 이 회타입에 맞는 슬래깅, 파울링 경험지수를 구분하여 구현하였다. 지수 및 가중치들을 통해 구현된 경험지수를 연료품질, 보일러 종류 및 운전조건을 그 연료의 최적 성상과 연결하여 실제 보일러 운전 경험과 비교하여 조정될 수 있도록 구현하였다. SGE(Steam Generate Expert)모듈은 발전 연소 공정 해석을 제공하고, 발전 기계 장치들은 모듈로 장치와 장치의 연결도구 및 입구·출구 모사는 스트림으로 구성되어 모델링하여 각종 공정의 결과값을 제공한다.

운전원 및 혼탄 전문가에게 선택한 혼탄이 실시간으로 연소공정을 거쳐서 어떤 결과를 주는 지, 연소후 퇴적물이 어떻게 되는 지 트렌드등을 쉽게 알 수 있도록 하고, 경보를 줄 수 있도록 Cimon인 HMI(Human Machine Interface)로 구성하였다.

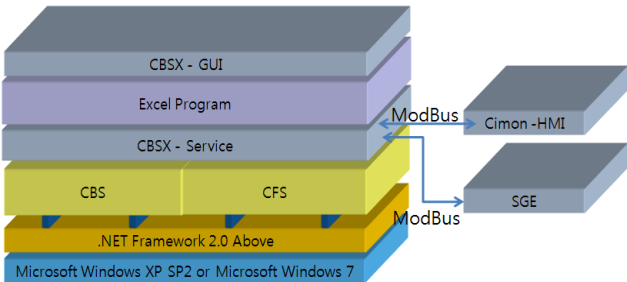
〈표 2〉 저열량탄 혼소 전문가 시스템 구성 모듈

구분	모듈명	설명
HMI	Cimon	HMI로 평가 결과 제시
혼탄평가 시스템	CBSX-GUI	혼탄 평가시스템 GUI 처리
	엑셀 프로그램	엑셀 데이터 파일 관리 및 처리
	CBSX-Service	구성 모듈 연계 서비스
연소평가 시스템	SGE	연소 공정 모델
	CBS, CFS	CBS 프로그램, CFS 프로그램

2.3 저열량탄 혼소 전문가 시스템 구성도

저열량탄 혼소 전문가 시스템의 GUI는 2부분으로 개발하였다. C#으로 탄의 발열량, 휘발분, 수분함량, 회분 함량의 성장정보 등은 TEXT데이터와 그래픽으로 보여주고, 연소과정중에 실시간으로 발생하는 저회용점탄 연소에 따른 클링커 발생, 재열증기온도 저하, 낮은 분쇄성, 석탄 분쇄과정에서의 미분기 화재등의 연소 결과 및 운전정보는 HMI를 이용하여 보여준다. CIMON과의 데이터 통신은 TAG를 등록하고 이를 활용하여 Modbus규약으로 사용했다.

내부처리하는 CBS(Coal Blending Screener)는 시스템의 통일을 위하여 같은 개발언어인 C#을 이용하여 로직은 구성하고, 화면은 WPF를 이용하여 개발하였다. WPF를 이용하여 지속적으로 지수화한 자료에 대하여 경험가중치를 변경 할 수 있도록 하고, 시스템에서 제시한 혼소 자료와 실제 운전정보를 비교하여 피드백할 수 있도록 하였다. CFS(Configured Fire Side Simulator) 모듈은 시뮬레이션 진행시 3일이상의 시간소요로 별도로 프로그램으로 기동할 수 있도록 구현하였다. SGE(Steam Generate Expert)모듈은 혼탄시스템과 데이터 통신은 TAG를 등록하고 이를 활용하여 Modbus 규약으로 사용했다.



〈그림 3〉 저열량탄 혼소 전문가 시스템 구성도

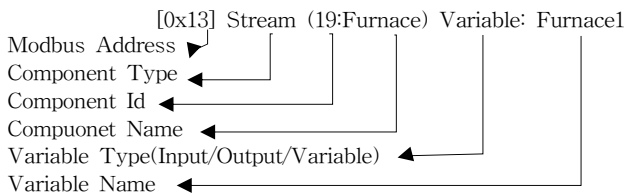
3. 저열량탄 혼소 전문가 시스템 인터페이스

3.1 ModBus통신

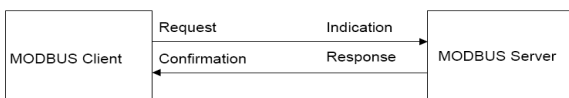
시스템내의 구성한 모듈도 다양하고, 구성한 모듈내의 장치들간의 자료 교환이 원활 해야 하므로 장치간 네트워크 통신이 가장 원활한 Modbus로 선택하였다.

3.1.1 ModBus통신 등록

Modbus를 통해 변수를 통신하기 위해 필요한 데이터를 등록하고, 사용자가 확인할 수 있도록 형식을 아래와 같이 정하였다.



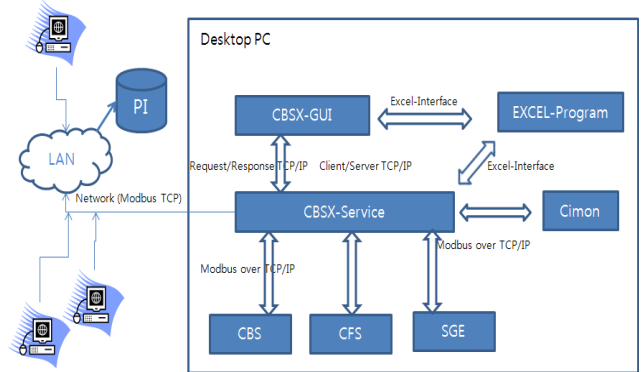
3.1.2 ModBus통신 방법



3.2 저열량탄 혼소 전문가 시스템 시스템인터페이스

저열량탄 혼소 전문가 시스템의 구성모듈간의 내부 인터페이스는 Modbus를 이용하고, 외부 네트워크는 TCP/IP프로토콜을 통하여 통신하도록 하였다. 구성모듈간의 별도 시스템으로 개발되어 있으므로 상호간의 통신이 중요하다.

또한, 발전소의 많은 사용자들이 시스템에서 받은 자료를 활용하여 다시 새로운 수식을 만들어 재사용하고, 실험해 봄으로 엑셀 인터페이스가 필수로 개발되었다.



〈그림 4〉 저열량탄 혼소 전문가 시스템 인터페이스

5. 결 론

발전소의 운전측면에서는 다양한 아역청탄 혼합사용 경험을 비추고 있으나, 설비측면에서는 석탄 성상이 고려된 설비보강 및 개선방안 등의 체계적인 기술 확보가 아직 미흡한 상태이다. 최근 규격외탄인 아역청탄 사용량이 계속 증대됨으로 인한 문제점 발생이 증가되고 있어서 실무에서 문제점을 해결해 줄 수 있는 시스템 개발의 수요가 크게 증대될 것으로 예상된다.

역청탄 전소 보일러 설비에 규격외탄을 사용하고자 할 경우에는 안정적이고 효율적인 운전범위 내에서 사용가능 탄종과 혼소율 범위에 대한 결정이 필요하다. 아울러 자연발화화 전연면 오염 등 문제점 발생을 방지하기 위한 정보화시스템적인 대책 마련이 반드시 필요하다. 향후 사용량 증대가 불가피한 규격외탄을 안정적이고 효율적으로 사용하기 위해서는 담당자에게 평가를 할 수 있도록 자료를 제시해 줄 수 있는 전문가 시스템이 확보되어야 한다. 저열량탄 혼소 전문가시스템을 통하여 규격외탄 사용량 확대를 통한 경쟁력 확보를 도모하고 설비의 안정운전과 화력 발전설비에서 연료비 절감 등의 경쟁력이 확보되고, 기 도입된 석탄에 대한 최적 연소 및 혼소에 활용하고, 신규 도입 후보탄에 대한 특성을 사전에 평가하여 석탄 수급 대책 마련에 기여 할 예정이다.

【참 고 문 헌】

[1] MODBUS Messaging on TCP/IP Implementation Guide V1.0b  
 [2] 김종길, 이홍승, 김동철 "저급탄 혼소 확대 보일러의 설계" 대한기계학회지널 제49권 제1호 통권338호 (2009년 1월) pp.37-41 1225-5955  
 [3] Yang, Xia; Song, Yonghua; Wang, Guanghui; Wang, Weisheng " 중국의 지속가능한 에너지 전략의 개발 및 시행에 대한 심층검토 , IEEE Transactions on Sustainable Energy 2010년 1권(2호) 57~65