

국내 생활폐기물로부터 합성가스 생산을 위한 파일럿  
설비 제어시스템 개발

김원배, 유보선, 유영돈, 이협희\*, 윤기수\*

고등기술연구원 Plant Engineering센터  
(주)대우건설 플랜트 사업본부\*

Control System Development of Domestic Combustible Waste Pilot Plant for  
Synthetic Gas Production

Won-Bae Kim, Bo Sun Yu, Young Dong You, Hyup Hee Lee\*, Ki Soo Yun\*

Institute for Advanced Engineering Plant Engineering Center  
Daewoo Engineering & Construction Co. Ltd.\*

1. 서 론

국내 생활 폐기물로부터 합성가스를 생산하기 위한 2.5톤/일급 가연성폐기물 가스화 용융공정은 정상상태 조업시 상압에서 약 1400℃의 고온 조건하에서 운전되는데, 설정된 운전 조건을 안정하게 유지하기 위해서는 이러한 조건에 상응하는 안정된 제어시스템의 구성은 매우 중요한 요소이다. 주요 공정은 생활 폐기물 압축 및 공급설비, 산화제 공급설비, 가스화용융로, 생성가스 냉각 및 세정설비, 생성가스 분석설비 및 가시화 소각설비등으로 구성되어 있다. 이러한 가스화용융 공정의 연속운전을 통해 제어시스템의 구성 및 제어로직의 적합성 연구가 수행되었다. 합성가스 생산을 위한 가스화 용융공정의 제어는 운전조건의 변화에 따라 주어진 설정치를 추적 또는 유지하기 위한 PID(Proportional-Integral-Derivative) 제어를 중심으로 구성되는 제어루프를 조합하여 구성되어 있다. 또한 설정된 조건의 변화에 따라 작동되는 순차제어(Sequence Control)와 비상정지(Emergency Shutdown, ESD) 제어 시스템이 구성되어 있다. 본 연구에서는 이러한 합성가스 생산을 위한 가스화 용융공정 제어로직의 개발에 대하여 설명하고자 한다.

2. 제어시스템 구성

생활 폐기물의 감량화 및 재활용도를 향상시키기 위한 가스화용융로 제어시스템의 구성은 주요 단위설비는 현장 제어판넬(Local Control Panel, LCP)로 구성하였으며, 운전의 영향을 미치는 주요 변수는 중앙제어실에서 원격 제어가 가능하게 구성하였는데 운전자의 편리성을 고려하여 PLC(Programmable Logic Controller)와 MMI(Man Machine Interface) S/W를 사용하여 원격제어 및 운전데이터 수집이 가능하게 구성하였다.

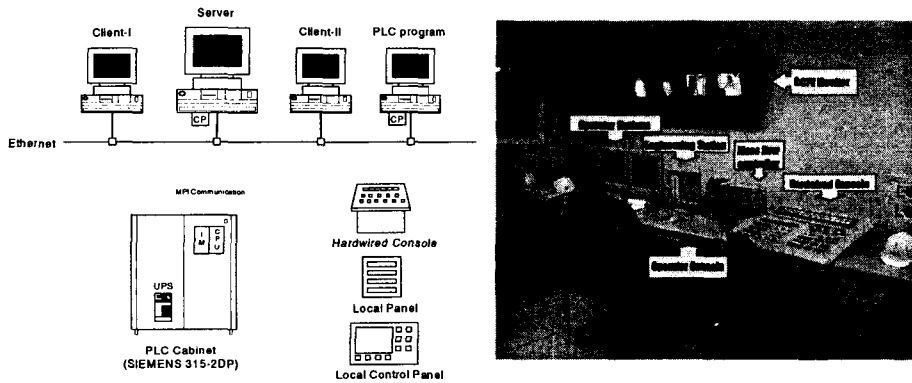
제어시스템 구성은 SIEMENS S7-315 PLC와 운전자가 운전을 용이하게 하기 위한 MMI S/W인 Intellution사의 FIX v.7.0이 설치된 펜티엄급 PC로 구성되어 있다. 단위공정에 설치된 계측 기기들은 PLC I/O module을 통해 PLC와 계측 및 제어신호를 주고받으며, PLC 제어로직은 STEP-7 소프트웨어 프로그램에 의해 운용된다.

또한, PLC는 자체에 장착된 MPI(Multi-Point Interface, 187.5kbps) 고속 통신방식을 통하여 FIX S/W가 설치된 PC와 운전정보를 주고받는다. PLC와 MPI 통신을 통해 연결된

SCADA(Supervisory Control Alarm & Data Aquisition)는 PLC에 수집된 공정변수를 감시하며, 또한 운전자의 명령을 PLC에 전달하는 기능을 한다. SCADA와 LAN으로 연결된 2대의 VIEW 노드는 공정변수들의 감시, 운전조작 및 데이터 저장기능을 담당한다. PLC와 MPI 통신으로 된 제어로직 프로그램 작성용 PC는 PLC의 동작을 감시하는 기능 이외에 사용자가 작성한 제어 프로그램의 운영(logic up-loading 및 down-loading 등)을 수행한다.

[그림 1]에서는 생활 폐기물로부터 합성가스를 생산하는 파일럿 플랜트 제어시스템의 구성상태를 나타내었는데 제어실내에는 운전자 전용 Operator Station(Server, Client-I, II) 및 제어로직 제작/수정 및 I/O 신호처리를 위한 Engineering Station이 이더넷(ethernet)으로 연결되어 있다. Engineering station은 PLC cabinet내 설치되어 있는 CPU의 MPI 통신포트에 연결되어 제어로직의 작성 및 실행을 담당한다. 또한 Operator station의 MMI(Man Machine Interface) 동작 이상시 비상동작이 가능한 Hardwired console이 설치되어 있다. 현장에는 운전자가 운전상태를 파악하기 위하여 MPI통신 방식을 사용하는 10inch 액정표시판넬과 생성가스 조성을 볼 수 있는 현장 가스조성 표시판넬이 설치되어 있다.

운전중 실시간으로 수집된 운전자료는 FIX S/W의 Historical Data 처리기능을 사용하여 VIEW 노드를 통해서 주기적으로 저장되며, 운전후 지정된 날짜 및 시간동안의 운전결과 검색 및 출력이 가능하게 구성하였다.



[그림 1] 국내 생활폐기물 처리를 통한 합성가스 제조시스템 제어시스템 구성

### 3. 제어로직 구성

국내 생활 폐기물로부터 합성가스를 생산하기 위한 제어시스템은 250여개의 입출력 포인트를 제어하는데 온도, 압력, 차압 및 유량등은 Analog Input(AI)으로, 유량 설정값, 제어 밸브 출력 및 디지털 인디케이터 신호출력등은 Analog Output(AO), 압력, 온도, 변위스위치 등의 신호는 Descrete Input(DI), 자동 불밸브, 솔레노이드 밸브등의 개폐동작 신호는 Descrete Output(DO)으로 기준을 정해 구분하였다.

제어로직의 핵심 부분은 주요 단위공정인 폐기물 및 반응물 공급, 가스화 용융로, 후처리설비의 안정적인 연계제어가 중요하며, 급속냉각세정탑 후단의 생성가스내 산소농도도 제어요소로 선정하여 안정적이고 최적화된 자동 열분해 용융 제어로직을 구성하였다. 용융 설비별 자동화 내역 선정을 <표 1>에 자세히 나타내었다.

제어로직 작성 및 실행은 STEP-7 S/W에서 제공하는 3가지 프로그래밍언어를 적합하게 적용하였으며, 프로그래밍언어간 제한적인 전환도 가능하다. 사다리 언어(Ladder logic

Diagram, LAD)는 그래픽 언어로 장치에 사용되는 전기도면(Electric relay diagram)과 비슷하여 주로 사용되며, 명령문 목록(Statement List, STL)은 컴퓨터 프로그래머에 적합한 명령어의 집합으로, 사용자의 프로그램에 있는 각 명령문에는 PLC의 기능을 나타내는 연상언어를 사용하는 방식이며, 마지막으로 함수블록도표(Function Block Diagram, FBD)은 블록화된 함수를 이용하여 제어로직을 작성할 수 있다.

<표 1> 생활폐기물 처리를 위한 합성가스 제조시스템 자동화 내역

설비명	자동화내역	자동	반자동	수동
폐기물 공급설비	공급량제어		◆	
탈가스화로	온도제어	◆		
고온용융로	버너제어	◆		
	온도제어		◆	
	압력제어		◆	
	출구 산소농도제어		◆	
균질화로	폐기물 레벨제어			◆
	버너제어	◆		
그래놀 배출설비	온도제어		◆	
	냉각수 공급제어		◆	
급속냉각세정설비	그래놀 배출제어		◆	
	출구 온도제어	◆		
가스 분석설비	세정수 배출제어	◆		
	생성가스 조성분석	◆		
생성가스 소각설비	소각로 출구 온도제어	◆		
가스 공급설비	유량제어(O <sub>2</sub> , LPG, N <sub>2</sub> )	◆		

생활폐기물 처리를 통한 합성가스 제조공정의 제어로직 작성은 주로 사다리언어로 제작하였으며, STEP7 소프트웨어에서 기본적으로 제공되는 다양한 기능블록(function block, FB, FC)을 이용 또는 조합하여 제작하여 조직블록(Organization Blocks, OB)에 연결(link)하여 주기적인 제어로직 동작을 수행하게 구성하였다. 또한 변수표(Variable Table, VAT)를 작성하여 운전자가 입출력 포인트의 신호처리 상태를 확인(이진, 십진 또는 실수 등 표기법 선택가능)할 수 있게 구성하였다.

[그림 2]은 합성가스 생산을 위한 제어로직의 블록구성 상태를 나타내었는데, FC1~FC22는 단위설비 신호처리, FC25~FC26은 alarm/interlock, FC27~FC31은 현장판넬 신호처리를, FC33~FC38은 operator station 그래픽 소프트웨어와의 통신을 위한 기능으로 할당하여 제작되어 있는 상태를 볼 수 있다. 또한 제어로직중 "FC1-HTR TOP BURNERS" 내용의 일부 Ladder logic을 [그림 2]에 나타내었다.

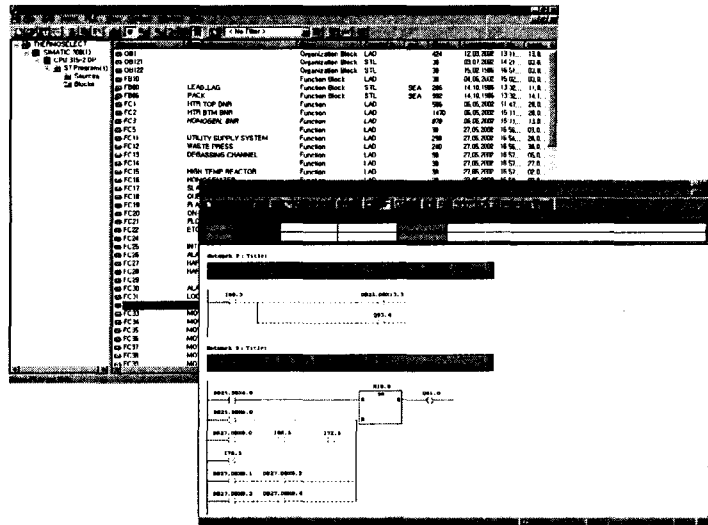
#### 4. 운전화면 구성

생활폐기물 처리를 위한 합성가스 제조시스템을 운전자가 수월하게 제어하기 위한 그래픽 운전화면은 10여개의 화면으로 구성되어 있다. FIX S/W의 database에 입력된 입출력 포인트의 정보를 그래픽 운전화면에 연결(link)하여 기능별 운전화면을 구성하였는데 구성상태는 폐기물 압축기, 가스화 용융로 버너, 고온용융로, 급속냉각세정탑, 용융로 내부/외부 냉각

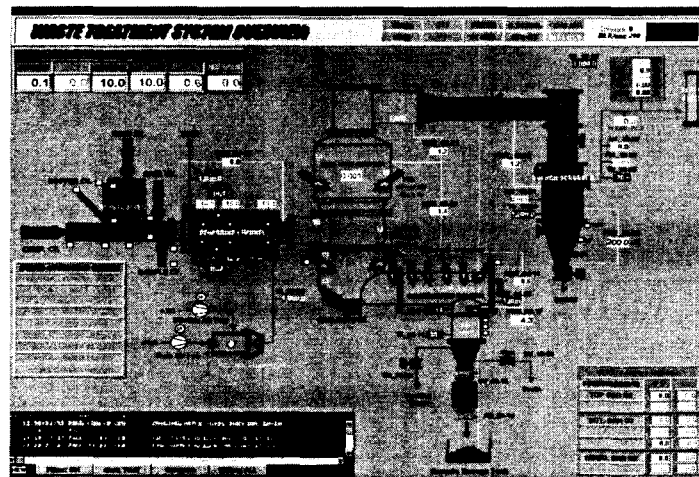
수공급, 기상반응물 공급설비 운전화면으로 나눌 수 있다. [그림 3]에서는 운전시 주로 사용하는 운전상태가 일괄적으로 파악이 가능한 운전화면을 나타내었다.

## 5. 결 론

본 연구를 통하여 생활폐기물 처리를 위한 합성가스 제조시스템을 제어하기 위한 제어 시스템은 앞서 설명한 바와 같이 폐기물 압축, 기상반응물 공급량 제어, 고온 반응로 압력 및 온도제어, 생성가스 냉각 및 세정시스템 제어등으로 구성되어 있다. 이러한 제어로직 개발은 고온용융로의 다양한 국내 생활 폐기물 적용을 통해 문제점을 파악, 개선하였으며, 운전자의 수동조작이 가능한한 배제될 수 있도록 최적화 되었다. 또한 안정된 운전을 위하여 제어기의 성능을 충분히 활용하기 위하여 제어기의 튜닝을 통한 안정된 합성가스 제조시스템의 운전이 가능하게 되었다.



[그림 2] 합성가스 제조시스템 제어로직 구성 및 버너 동작 화면



[그림 3] 생활폐기물 처리를 위한 합성가스 제조시스템 주 운전화면