

최초의 민자발전소 건설공사



LG 건설(주) 발전팀
부 장 황정두
Tel : (02)728-3253

국내 최초의 LG민자발전소에 대해 건설공사 이전 사업추진 초창기부터 종합 준공시까지 직간접으로 6년여 동안 참여했다. 그동안 민자발전이 종합 준공되기까지의 추진경위 및 진행 현황과 발전소 주요시설에 대해 개략적인 사항을 소개하고자 하며, 후속기 건설공사 추진도 멀지않은 장래에 성공적으로 추진될 것으로 보인다.

1. 서론

지난 2001년6월4일 오후3시30분 LG건설(주)이 건설공사를 수행한 LG부곡 복합발전소에서 명실상부한 국내 최초의 민자발전소 종합준공식 행사를 가졌다. 지난 1996년7월12일 LG가 우리나라 최초의 민자발전사업자로 선정된 후 약3년여의 건설공사를 거쳐 본격적인 전력생산을 시작한 LG에너지(주)의 부곡발전소는 그동안 한국전력공사가 독점해오던 우리나라 전력사업에 새로운 전기를 마련했다. LG건설(주)은 발전소 건설공사 수행 이외에 민자발전소 운영자인 LG에너지(주)에 자본을 투자한 지주 회사중 하나이다.

서울에서 승용차로 약1시간 30분이 소요되는 본 발전소는 아산국가산업단지 부곡지구내(충남 당진군 송악면 부곡리)에 위치하였고, LG건설-대림산업이 공동으로 건설한 국내 최장의 서해대교 막 지나 송악IC 주변에 있다. 이날 행사에는 산업자원부 장관을 비롯하여 관할 국회의원,군수,경찰서장,소방서장 등 정.관

계 인사와 지역 대표인사, 한국전력공사,한국가스공사 등 정부투자기관, LG그룹회장단,LG에너지사장,LG건설사장을 비롯한 LG관계자,발전소 건설에 참여한 관계회사 및 국내외 기자,외빈등 200여명이 참석했으며 이날 LG건설(주)은 공로 감사패와 함께 건설현장소장이 산업자원부 장관상을 수상했다.

금번 LG부곡발전소 건설공사 완공으로 LG건설(주)은 발전소의 EPC턴키공사 수행능력을 더욱 튼튼하게 했고, 발전사업에 대한 장기적인 기반을 구축할 수 있게 되었다. 위험요소가 많은 발전소 건설공사에서 200만인시 무재해 기록을 달성하고 완벽한 품질관리와 적기 시공으로 목표한 일정대로 발전개시를 할 수 있게 하므로써, 국내 전력 수급에 이바지함과 동시에 국내에 최초로 도입된Siemens사의 주기를 시공함에 있어 그간 축적된 사업관리 능력과 기술력을 바탕으로 성공적인 건설을 수행하므로써 신뢰를 구축하여 국내의 발전사업 시장에서 경쟁력을 높이게 되었다.

2. 주요 추진경위 소개

본 발전소는 정부의 민자발전 추진계획 및 장기전력 수급계획 수립(1993.11.24) 공고에 의거, LG건설(주)은 LG엔지니어링(주) 당시 1994년11월 자체 신사업추진(New Business Planning)팀을 신설하여 민자발전사업 참여를 위한 사전 준비단계를 거쳐 1995년4월1일부터 본격적으로 LG건설(주)을 주관사로 한 LG그룹의 민자발전 추진Task Force Team을 구성하여 발전사업자 선정을 위한 입찰에 참여하였다. 이로써 지난 1996년8월12일 국내 제1 민자발전사업자로 선정되었고, 1996년8월23일 한전과 전력수급계약(PPA- Power Purchase Agreement)체결 및 1996년10월9일 LG건설(주)을 비롯한 LG그룹관련 회사가 자본을 투자해 발전소 운영사인 LG에너지(주)를 설립하여 본격적인 건설공사를 착수했으며, 이날 순수 민간자본으로는 처음

으로 발전소를 종합준공 하므로써 본격적인 민자발전 시대를 열게됐다.

지난 1980년말 자유무역의 WTO체제가 출범하면서 세계 여러나라들은 자국의 산업보호에 촉각을 세우고 있었고, 정부 보호 아래 성장을 해 오던 우리나라의 많은 기업들이 상당한 타격이 예상됐다. 특히 국가 기간산업인 전력사업은 정부에 의해 수 십 년간의 독점 운영되면서 경쟁력이 상당히 취약하였고 해외 선진기업들은 국내 전력시장에 눈독을 들이고 있는 상황이었다. 우리나라는 산업경제의 성장과 함께 요구되는 전력수요도 지속적으로 증가하는 추세에 따라 전력공급원의 확보 및 안정적 전력공급은 지속적 경제 발전을 위한 최우선 과제로 인식되었고, 정부는 국내 전력공급의 안정적 기반을 통해 국가경쟁력을 확보하고자 전력부문에 대한 정부의 사회 간접자본을 유치하는 장기전력수급 계획을 수립하게 되었다.

이러한 상황에서 정부는 국내 전력사업에 경쟁체제를 도입, 경쟁력 강화는 물론 국내 시장 방어 측면의 민간발전사업계획을 도입키로 했다. LG도 1995년 무렵 PCS사업 진출, 국영기업 민영화 추진 등 당시의 사회,경제 상황과 발맞춰 향후의 유망한 사업을 검토하다가 전력사업에서의 가능성을 발견하고 본격적인 사업자 선정에 대한 준비를 착수하였다. LG는 새로운 영역으로의 도약을 위해 발전사업자 선정에 뛰어들었고, 당시의 경쟁사들은 몇년전 부터 사업자 선정에 대한 준비를 거의 마친 상태였으며 한국전력공사를 비롯한 정부의 관할 부처에서도 뒤늦게 참여한 LG에 대해서 우려를 표시하는 등 대부분 부정적인 반응이었다. 그러나 수차례 한국전력공사 및 정부 관계자들에게 LG가 참여할 수 있도록 다각적인 방안의 및 다수의 사업후보자 입찰참여가 국가적인 경쟁력 확보측면에서의 유리하다는 설득과 함께 사업자 선정 일정 연기도 제의함에 따라 LG도 민자발전사업 참여 후보로 입찰하게 되었다.

그결과 96년7월12일 LNG복합발전 사업자로써는 1위 동한에너지(동아건설-한국중공업 Consortium)와 2위 LG(LG단독)가 선정되었으나, 동한에너지의 부지문제 및 기타사유로 인해 사업권이 현대로 넘어감에 따라 1996년8월12일 1위 LG와 2위 현대로 변경되어 최종 결정되었다. (당초에는 발전소가 전남 여수시 용성단지 내에 건설하는 것으로 추진 했었으나, 다각적인 현지조사를 통해 서울에서 100km여 떨어진 현 위치

가 편리한 교통과 인근 수도권에 2,000만 명이 넘는 인구가 살고 있어 안정적인 전력 수요처를 확보할 수 있다는 점에서 현 위치로 발전소 건설부지를 변경)

민자발전 사업권 획득과 함께 1996년8월23일 한전과 전력수급계약(PPA) 체결,1996년9월2일 정부에 발전사업허가 및 전력수급계약인가 신청후 1996년10월9일 허가 및 인가를 받음과 동시에 발전사업을 운영할 LG에너지가 설립되었다. 1997년5월16일 설계기술용역을 필두로 1997년10월27일 주기기공급,1998년7월9일 Off-Shore(해양-도수로)공사,1998년11월20일 본공사,1999년1월7일부터 보조기기공급 계약을 단계적으로 체결하여 건설을 시작했다.

이렇게 해서 시작된 건설공사는 약12만5천평 부지에 총 3,800여억원을 투자했으며 1차로 지난해 2000년 7월1일 35만kW 규모의 Gas Turbine 발전설비 건설을 완료하고 전력생산을 시작했고, 다시 올4월1일 19만 kW급 Steam Turbine 발전설비 건설을 완료함으로써 총 2년4개월 만에 총54만kW 출력의 설비용량을 갖추고 본격적인 상업운전을 시작하게 됐다. 이렇게 생산된 전기는 한국전력공사와 체결한 전력수급계약(PPA)에 따라 향후 20년간 한국전력공사에 전량 판매하게 된다. LG건설(주)은 설계기술용역(한국전력기술(주)도 부계약자로 참여)과 함께 보조기기공급 및 주기기 설치를 포함한 전체시공을 수행했고, 주기기는 독일Siemens사가 공급하였다. 향후 지속적으로 후속기 5~6호기를 추가 건설하여 총3,000MW 이상의 대단위 발전소를 운영할 계획이다. 건설도중 1999년8월부터 영국의 PowerGen사가 LG에너지에 지분(49.9%) 참여로 건설기간중 마치 해외공사를 하는듯한 수행절차로 건설공사가 진행되었으며, 한전과의 전력수급계약 개정이 계속 미루어 지자 2000년11월경 지분을 매각하여 철수하기도 했다.

3. 발전소 주요설비 소개

(1) 개요

본 발전소는 천연가스(LNG)를 연소시켜 1차로 Gas Turbine 발전기에서 전기를 생산하고, 이때 배출되는 연소후 배기가스 열이 배열회수 보일러(HRSG)를 통과해 증기를 발생시켜 Steam Turbine 발전기에서 2차로 전기를 생산한다.

LNG복합 화력발전소는 기존 화력발전소에 비해 열효율이 우수하고 발전기 가동 및 정지시간이 매우 짧아 안정적인 전력생산에 유리하다. 또 환경친화적 청정연료인 LNG를 사용하기 때문에 환경오염이 적어 쾌적한 환경을 조성할 수 있는 선진국형 발전소이다.

첨두부하 및 중간부하를 담당하는 발전소로서 청정연료(LNG)를 주연료로 하고 비상시 경유(D.O)를 대체연료로 사용한다. 가스터빈에서 열효율이 타 발전 방식에 비해 높고 환경측면에서도 질소산화물(Nox) 배출량이 50PPM이하, 유황산화물(SOx) 및 분진배출량이 청정연료 사용으로 거의 무시할 정도로 환경성능이 우수하다. Simple Cycle 운전시 가동에서 전출력 운전까지 약20분, 복합 사이클 운전시 열간 60분, 온간 2시간, 냉간 3시간으로 타 발전방식에 비해 가동성이 탁월하고, 향후 발전소 후속기가 완공되는 경우 전력부하에 따른 운전대수 조정으로 부하추종을 원활하고 용이하게 할 수 있다.

발전소 운전 및 정비에 최신 IT기술을 활용해 발전소 내에 있는 중앙제어실 뿐만 아니라 회사 어느 곳에서든 PC를 이용해 발전상황을 실시간으로 모니터링할 수 있는 발전시스템(PI) 구축과 과학적이고 체계적인 정비업무를 지원하기 위해 설비관리시스템이 도입 되었다. 또한, Siemens사의 신형 가스터빈(V84.3A)을 사용하는 삼압식 재열증기 터빈을 채택하여 효율이(약 53.26%) 높은 발전소이며, Siemens사의 최신 기술로 제작된 경제적인 최신형 모델이다.

(2) 주요설비

LG부곡 복합화력 발전소는 총550MW 용량으로 구성되어 있으며, 각각 가스터빈/발전기 180MW 2기, 배열회수보일러 2기 및 증기터빈/발전기 190MW 1기로 구성되어 있다

1) 가스터빈/발전기

- 독일 Siemens사가 공급한 신형(V84.3A)으로 성능은 다음과 같다.
 - 용량
 - 단독운전(Simple Cycle) -187MW(ASME기준, 15°C)
 - 복합운전(Combined Cycle) -183.8MW
 - 연소온도 : 1,288°C
 - 배기온도 : 578.2°C
 - 효율 : 39.22%(저위 발열량 기준)

- 가동시간 : 30분

- 발전기는 수소냉각식 회전계자형, 3,600rpm, 2극, 3상, 60Hz이고 정격전압은 16kV이며, Unit당 용량은 205MVA이고 여자기의 종류는 Static형이고, 여자용 변압기 용량은 1,500kV.
- 환경공해 최소화위해 질소산화물을 제어할수 있는 건식 저NOx 설비 설치.

2) 배열회수보일러(Heat Recovery Steam Generator)

- 현 두산중공업 전신인 한국중공업(주)가 Siemens사의 기본설계를 제공 받아 상세설계 및 제작공급한 자연순환식 재열방식을 채택한 최신의 설비.
- 비조연 방식이고, 고압, 중압 및 저압 주증기를 생산하는 삼압식(Triple pressure), 실내형.

3) 증기터빈/발전기

- 증기터빈은 직렬배열, 복수기, 재열식으로 고압/중압 증기터빈과 저압으로 구성.
- 발전기는 수소냉각식 회전계자형이고, 3,600rpm, 2극, 3상, 60Hz이며, 각 발전기의 용량은 207MVA, 정격전압은 16kV. 여자기 형식은 Static형이고 여자용 변압기 용량은 1500kVA. 증기터빈/발전기 제어설비는 Siemens사의 Teleperm-XP를 사용.

4) 급수계통

- 급수계통은 고압 및 중압 급수계통으로 구성되어 있고, 복수기로부터 탈기된 급수는 탈기기를 거쳐 고압 및 중압의 절탄기로부터 가열된 후 배열회수 보일러의 고압 및 중압 드럼으로 보내진다.
- 저압계통은 복수펌프에 의해 급수예열기를 거쳐 저압드럼으로 보내진다.
- 급수펌프는 3대(각50%)로 2대는 정상 운전되고 1대는 예비용.
- 탈기기 저장탱크로부터 급수를 흡입하여 고압토출측에서 나온 급수는 HRSG고압계통에, 펌프 중간 단에 추출된 급수는 HRSG중압계통에 공급된다.
- 각 급수펌프는 수평다단형 전동기 구동 방식.

5) 주증기계통

- 고압, 중압 및 저압 증기계통과 재열증기계통으로 구성.

종류	설계압력(Kg/cm2A)	설계온도(°C)	유량(Kg/h)
고압	151	576	357,840
중압	40	371	80,640
저압	10	371	49,680

6) 증기터빈 By-Pass계통

- 고압, 중압 및 저압증기 바이패스계통은 각 주 증기계통의 100% 정격용량을 바이패스 할 수 있고, 바이패스 증기의 과열저감기 용 분무수는 급수펌프로부터 공급.
- 바이패스 제어밸브와 격리밸브, 과열저감기 용 분무수 제어밸브와 격리밸브, 압력, 온도제어계통으로 구성.

7) 복수계통

- 터빈배출 증기나 바이패스계통에서 공급되는 증기를 해수를 이용하여 응축시켜 복수를 급수계통에 공급. 배기에 포함되어 있는 불응축가스와 용존산소를 Vacuum Pump를 통해 복수기내에서 추출.
- 복수기는 해수로 냉각되는 단일압력, 이중패스 수평흐름 방향의 워터박스형이고 최대 복수량은 38,854Kg/hr.
- 복수기의 운전압력은 38mmHga(튜브재질은 티타늄), 튜브세척을 위하여 Ball세척계통 설치.
- 복수펌프 3대(각50%), 원심, 수직 Can Turbine 형으로 전동기 구동형.

8) 연료공급계통

- LNG공급계통은 본 발전소의 복서측에 위치한 한국가스공사의 LNG Governor Station으로부터 연료 매니폴드(Fuel manifold)까지 이며, 여과기 밸브 및 배관으로 구성.
- LNG Governor Station에서 가스터빈으로 연료 공급 조건은 압력Min. 30kg/cm2g 온도 0~15°C.
- LNG공급이 원활치 않을 경우 No.2경유도 사용할 수 있으며, 경유의 공급계통은 하역, 저장, 연료처리설비, 가열기 및 연료이송펌프를 이용하여 발전소 전체 공용으로 사용.
- 경유저장설비 용량은 1호기의 10일분으로 미처리 경유저장탱크 13,000m3 1기, 처리 경유탱크 13,000m3 1기가 설치.
- 경유저장설비는 원심식, Skid type로 처리용량은 33m3/h 이다.

9) 해수냉각수계통

- 해수취수는 서해안의 간만의 차 때문에 2단 취수방식을 사용하고 있으며, 순환수계통은 해수양수계통과 해수냉각계통으로 구성.
- 해수양수계통은 도수로 및 취수구조물과 취수로, 해수여과장치 등으로 구성. 해수양수설비는 2 Sets로 구성되어 있는데 각 Sets의 용량은 20,000m3/hr.
- 해수냉각수계통은 순환수계통과 해수기기 냉각수계통으로 구성되고 순환수계통은 각 Unit당 독립설비, 해수냉각계통은 블록 공용으로 설치.

10) 수처리 계통

- 수처리계통은 R/O설비가 채택되어 36m3/hr x 2 train으로 구성.

11) 일반용수 및 음료수 계통

- 일반용수 및 음료수는 원수 저장조로부터 공기 가압형 저장탱크에 저장되어 공기압에 의해 각 소요처로 공급되며 발전소 공용설비이다.

12) 전기계통

- 소내 주전력계통은 154kV 변전설비, 주변압기 및 소내전력계통으로 구성.
- 전력용 변압기는 각 Unit의 가스터빈 발전기와 증기터빈 발전기 출력전압(16kV)을 154kV로 승압하는 2권선 변압기인 주변압기(187.2/210MVA) 및 각 unit의 1,2호기 가스터빈 발전기 모선에 Tap으로 연결된 소내보조 변압기(15/20MVA)로 구성.
- 6.9 kV의 고압 배전반은 각 unit별로 1개의 Unit 용 고압 배전반과 unit 공용 고압배전반이 있다.

13) 송전계통

- 신설 154Kv GIS에서 2회선이 한전 송악변전소와 연계되어 발전출력을 송전하며, 필요시 본 선로를 이용하여 발전소 기동전원에 필요한 전원을 수전 받는다.

14) 발전소 자동화

- 자동 또는 수동운전 가능하며, 제어설비는 Siemens사의 Teleperm-XP로, 가스터빈/발전기, 배열회수보일러, 증기터빈/발전기 및 BOP를 포함하여 전 발전소를 제어하도록 구성.
- Simple Cycle운전 시 가스터빈은 현장에 설치되

어 있는 가스터빈 용 제어반 또는 중앙제어실에서 자동 또는 수동으로 단독운전이 가능하며, 복합 Cycle운전은 가스터빈, 배열회수보일러, 증기터빈 및 보조기기 설비를 통합하여 DCS (Teleperm-XP)에 의하여 자동 또는 수동으로 중앙제어실에서 운전할 수 있도록 되어 있다.

- 발전소는 한전의 에너지 관리계통(EMS)과 연결되어 원격부하 요구치에 따라 발전계통 부하를 Unit에 분배/제어.

15) 환경보호 설비

- 질소산화물 저감 설비
2000년대 환경규제 강화전망(약 100ppm 이하)를 고려하여 이 범위 내에서 운전 가능하도록 건식 저 NOx 버너 및 물분사설비를 설치.
- LNG 및 D.O 연소시 아래와 같은 설계기준을 적용.

설계기준

항 목	단 위	LNG	D.O
유황산화물	ppm	-	95
질소산화물(LNG/D.O)	ppm	50	100
먼지	mg/Sm ³	-	14
매연	Ringelman's Speciman	2	2

- 연돌

대기오염물질은 확산 희석시켜 도착지 농도를 낮추기 위하여 고연돌을 사용.

주연돌과 Bypass 연돌의 높이는 각각 65m, 35m.

- 수질오염

- 종합 폐수처리설비는 2 units을 기준으로 설계되어 있으며, 처리용량은 60m³/hr

항 목	단 위	배출기준	설계기준
수소이온농도(pH)	-	5.8~8.6	6.0~8.0
화학적 산수 요구량	mg/l	90 이하	20 이하
부유물질	mg/l	80 이하	20 이하
유류	mg/l	5 이하	10 이하
온도	℃	40 이하	40 이하

- 오수정화 설비는 부곡 국가산업공단 하수 종말처리장 준공 전까지는 접촉 분리폭기법을 이용하여 처리하고, 준공 후에는 하수 종말처리장으로 유입 처리.

항 목	단 위	방류수기준	설계기준
생물학적 산소요구량(BOD)	ppm	20	20
고형부유물질(SS)	ppm	20	20

- 소음/진동

- 방음커버, 소음기, 방음벽을 설치하여 소음 규제치 이하로 소음을 낮추었다.
- 설계 적용기준

위 치	배출기준	설계기준
부지경계선	50 db(A)	45 db(A)
기기주위	85 db(A)	85 db(A)

쓰레기소각시설에 있어서 가스터빈 복합발전시스템 Simulation Software 개발

본 자료는 일본 열병합발전센터자료에서 발췌 · 번역한 것임.

1. 서 언

지구온난화에 관심이 모아지고 있는 가운데 지금 까지 이상으로 에너지절약, CO₂의 삭감 등이 중요한 일로 부각 되었다. 또한 소각장에서 배출되는 다이옥신류와 최종처리장의 부족 등으로 쓰레기처리에 관한

관심이 높아지고 있다. 쓰레기를 소각할 때 발생하는 배열은 미 이용에너지로 주목을 받고 있으며 이것을 발전 등에 유효하게 이용하고 유해한 배가스나 소각재가 가능한한 작게 발생하는 시스템을 기대하고 있다.

이와같은 상황하에서 쓰레기소각로 보일러의 고온 · 고압화, 가스터빈 복합쓰레기발전(이하 GT복합