

할 수 없게 되며 소음/진동에 따른 유지보수 비용이 증가될 수 있다.

13. 냉각수 제어 밸브의 트림(Trim)은 다수의 압력감소단(Pressure drop stage)을 두어 트림(Trim) 출구 유속이 30 m/s(100 ft/s) 이하로 유지될 수 있는 구조로 한다.

상세설명:

냉각수 유량이 적은 운전 영역에서 냉각수 제어 성능을 원활히 유지할 수 있으며 밸브의 시트(Seat) 부위의 마모(Erode)를 방지할 수 있다.

14. 냉각수 제어용 밸브는 FCI 70-2 규격의 Class V 밀폐성능(shut-off) 을 가져야 한다. 높은 밀폐성능을 위하여 밸브 시트 주위에 가해지는 압력은

최소 8.9 kgt/mm (500 ibf/in) 이상으로 한다.

상세설명:

밸브 시트(Seat)에 누수가 발생되어, 고속의 흐름에 따른 시트(Seat) 마모를 방지하여 시트(Seat) 수명을 늘리기 위해서는 높은 밀폐성능이 필요하다. 특히, HRSG 기동 시와 같이 밸브 전후의 차압( $\Delta P$ )이 크고 밸브 Cv 값이 작은 운전 범위에서는 탁월한 밀폐성능이 필요하다.

15. 온도조절장치(Attemperator)의 최적 성능 운전을 위해서, 정상상태(Steady state) 운전 하에서 온도조절장치(Attemperator) 후단의 증기 온도는 설정값의  $\pm 3^{\circ}\text{C}(\pm 5.4^{\circ}\text{F})$  내에서 안정되어야 한다.

# 1000kW급 가스엔진 MD20G

\* 본 자료는 일본 열병합발전센터 자료에서 발췌·번역한 것임

## 1. 머리말

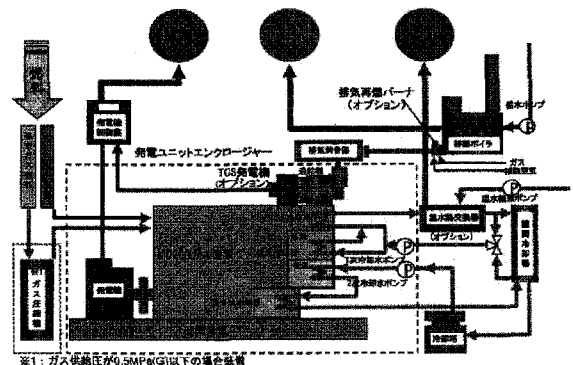
Gas Engine Cogeneration에 대한 시장의 뉴스가 고조에 달했을때 당사는 Daihatsu Diesel의 디젤 엔진 DK20을 base로 하는 1000kW급 가스엔진 MD20을 개발하였다. 2004年 6월 영업개시 이래 지금까지 5대를 受注, 그중 4대를 납품하여 가동하고 있다. 또한 이들 상용기와는 별도로 MD20G를 핵으로 하는 熱電獨立可變 가스엔진 시스템의 Field시험을 실시하여 총 운전시간은 5,000시간을 초과하였다.

여기에서는 MD20G 및 그의 Cogeneration System의 개요, 아울러 그의 도입사례 2건에 관하여 소개한다.

## 2. 시스템구성 및 특징

[그림-1]에 대표적인 MD20G Cogeneration

system flow를 표시하였다. 이 중에는 Option 仕様の 장치 및 기기도 포함되어 있고 TCS (배기에너지 동력회수시스템) 는 가일층 고효율화를 가능하게 하고 배기 재연 보일러시스템은 열전비 가변범위를 대폭으로 확대하는 장치이다.



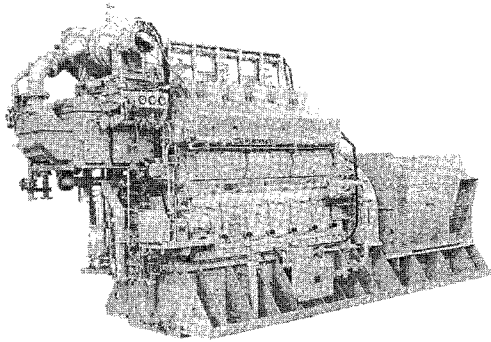
[그림-1] MD20G Cogeneration Flow

## 2. 1 엔진의 특징

MD20G의 주요규격을 [표-1]에, 그 외의 외관을 [그림 2]에 각각 표시하였다.

[표-1] MD20G 주요목

엔진명칭		6MD20G		8Md20G	
실린더수		6		8	
주파수	Hz	50	60	50	60
발전출력	단체	815	815	1085	1085
	부	835	835	1105	1105
정미평균유효압력	MPa	1.8	2	1.8	2
회전속도	min <sup>-1</sup>	1000	900	1000	900
착화방식		직화 Micro-pilot 착화			



[그림-2] 6MD20G 외관

MD20G는 3,000대 이상의 납품실적을 자랑하고 DK20을 Base 기관으로 하였고 신뢰성과 내구성이 우수하다.

또한 아래의 기술을 적용하므로써 고효율화와 고출력화를 도모하고 1MW급에서는 최고 수준의 발전효율 42.5% 및 정미 평균유효압력 2MPa를 실현하였다.

### 1) 전자제어식 연료가스분사

각 실린더의 흡기관에 전자제어식 가스분사변에 의하여 필요량의 연료가스를 排氣弁을 閉弁後에 분사한다.

흡·배기변 Overlap 기간 중의 배기관으로의 연료 가스 유출을 막고 부하 추종성도 양호하다.

2) 실린더 내 가스유동은 연료가스와 공기의 혼합 및 혼합기의 연소에 큰 영향을 미친다. 따라서 流動을 최적으로 하기 위하여 吸氣系를 설계하였다.

### 3) 희박연소

저NOx화 및 노킹억제를 위하여 희박연소를 채택하였다.

### 4) Miller cycle

흡기변 폐변시기를 조정하여 고폭창비를 유지하고 압축비를 낮추는 미러사이클을 채택하였다.

고폭창비에 의하여 보다 높은 사이클효율을 유지, 압축비 저감에 의하여 노킹억제와 저 NOx화를 꾀하였다.

### 5) 直噴 마이크로 파일럿 착화

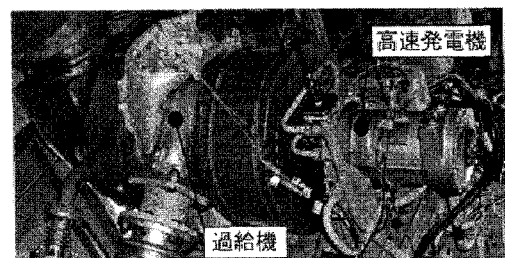
火花點火 또는 副室式마이크로 파일럿착화방식이 대부분의 가스엔진에 채택되어있으나 MD20G에는 直噴 Micro-pilot 착화방식을 채택하였다. 직분식은 액체 연료만으로 시동되고 부실식과 같이 點火플러그 등의 시동용 점화장치를 장착할 필요가 없다. 착화능력은 火花點火에 비하여 현격히 우수하고 부실식에 비하여도 손색이 없고 열량이 연료가스의 1%이하 (정격출력시)의 경우로도 안정적으로 착화된다.

### 6) 異常燃燒檢出

Knock sensor 출력의 線形豫測解析(linear prediction analysis)과 境界學 積型 Neural Network를조합하여 이상 연소(노킹 및 실화)의 검출과 제어를 실린더 마다 real time으로 실행한다. 高精度의 노킹검출에 의하여 고효율 및 고출력이 얻어지는 노킹한계 근방에서 운전이 가능하다.

### 7) TCS

배기에너지 동력회수시스템(TCS)는 과급기의 잉여동력을 전력으로 회수하는 장치가있어 엔진의 고효율화를 꾀하게 된다. [그림-3]에 그의 외관을 표시하였다.



[그림-3] MD20G용 TCS외관

MD20G용 TCS는 과급기·고속발전기 직결형이고 급기 압력제어장치로서의 기능도 갖고있다. 희박연소 가스엔진에 있어서는 공기과잉율제어, 즉 급기압력의 제어가 중요하다. 통상 급기압력은 급기 혹은 배기의 일부를 배기관으로 방출하여 제어한다. 본 TCS 탑재기에서는 TCS가 과급기의 Break 로 작용하여 그 브레이크 에너지가 전력으로 取出된다. TCS발전출력의 주파수 및 전압은 과급기 속도에 따라 변화하므로 이것을 Power Conditioner로 상용전력과 동일한 주파수 및

전압으로 변환, 상용전력 계통에 송출한다.

## 2. 2 배기재연 보일러시스템

배기재연 보일러시스템은 배기 再燃(追焚) 버너와 배 열보일러로 구성되어 追焚 연료량을 제어에 의하여 열 출력(증기량)을 전력과는 독립적으로 변경하는 것이 가능(熱電獨立可變)하다. 熱電獨立可變 범위는 엔진 부하 50% 이상의 열전비 0.5%~1.5%의 범위이다.

## 3. 도입사례

도입사례를 [표-2]에 표시한 2건을 소개한다.

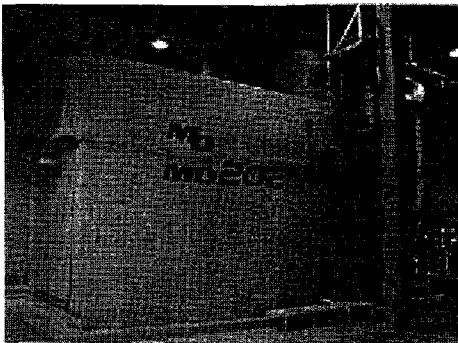
[표-2] 도입사례

	사례 1	사례 2
설치	병원	공장 (금속소재등 제조)
소재지	북강현	강산현
준공일	2005. 7	2005. 3
방식	열병합발전	열병합발전
운전형태	DSS운전	WSS운전
시스템 사양		
• 가스엔진	6MD20G×2	6MD20G
• 보일러	배열보일러	배기재연보일러
• 연료	도시가스 13A	도시가스 13A
• 발전출력	835kW×2	854kW
배열회수형태	온수, 증기	증기
NOx	600ppm 이하	100ppm 이하

### 3. 1 도입사례1

#### 1) 설비개요

보일러는 재연버너가 없는 통상의 배가스보일러이지만 이것 이외는 가스압축기도 포함되어 [그림-1]과 대략 같은 모양의 시스템구성이다. 이 시스템이 2set 건물내에 설치되어 있다. (냉각탑은 1대를 공용, 옥외에 설치), [그림-4]에 그 건물 내부를 표시하였다. 설치장소가 부지경계에 가까움으로 소음에 배려하여 엔진



[그림-4] 건물 내의 상태

(TCS부착 6MD20G)은 1대씩 enclosure에 수납되어 있다.

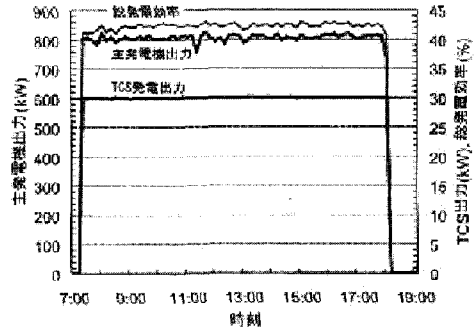
enclosure 내부환기용 공기는 건물내에서 흡입하고 과급기에는 옥외의 공기를 흡입할 수 있게 옥외에 과급기 흡입기 닥트가 설치되어 있다.

주발전기의 출력은 6,600V의 고압 계통에 공급되고 TCS 발전전력은 220V로 補機系統에 공급된다. 또한 증기 및 온수 (90℃)는 흡수식 냉동기 등의 공조설비에 공급된다.

#### 2)稼動狀況

6월말 매수자에 인도되어 7월부터 가동을 개시하였다. 1일의 운전시간은 약 12시간으로 하계 및 동계는 2대 공히 정격출력으로 운전, 그 외의 계절은 교대로 1대를 정격출력으로 운전하고 1대는 정지상태이다. 2대 엔진의 운전시간은 12월말 시점으로 1,080시간과 940시간이다.

[그림-5]에 대표적인 1일의 운전데이터를 표시하였다. 기관본체 (주 발전기) 출력은 810kW 전후, TCS 출력은 상한의 39kW, 총발전효율 (주발전기와 TCS의 합계)는 42.5% 전후이고 소기의 성능을 얻었다.



[그림-5] 엔진운전상태 대표예

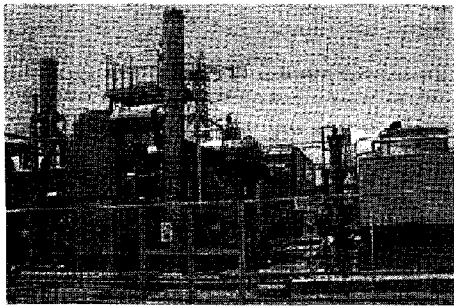
### 3. 2 도입사례2

#### 1) 설비개요

기기구성에 있어서 [그림-1]과 비교하여 온수열교환기와 가스압축기가 없는점이 다르다. 즉 TCS와 열전독립가변을 위한 배기재연보일러시스템이 장착되었다.

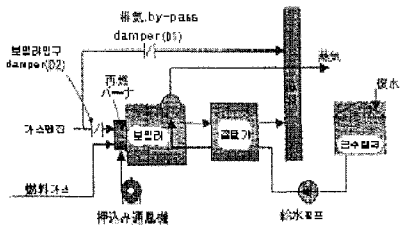
또한 유체 Flow에 관해서는 온수 회수를 하지않으므로 1차 냉각수는 Jacket 냉각기에만 보내지고 고온측 공기냉각기에는 보내지지 않는점이 [그림-1]과 상이하다. 주 발전기 및 TCS로 발전된 전기는 공장의 6600V 라인에, 배기재연보일러시스템에서 발생하는 증기는 공장의 증기라인에 각각 공급된다.

[그림-6]에 설비전경을 표시하였다. 사진의 왼쪽이 배기재연보일러시스템이고 중앙에 엔진을 수납하는 Enclosure가 보인다.



[그림-6] 설비전경

[그림-7]에 배기재연보일러시스템의 개략 구성 및 각종 유체의 Flow를 표시하였다. 배기재연버너는 Window Box형을 채택하였다. 산소농도가 10~11%로 낮은 가스엔진 배기가스 중에서 연소화염을 안정화시키기 위하여 소량의 신선한 공기를 통풍기로 압축하여 버너를 보낸다.



[그림-7] 배기재연보일러시스템

본 시스템은 엔진 정지 중에도 보일러 단독운전에 의하여 증기의 공급이 가능하다. 보일러 단독운전의 경우는 [그림-7]에 표시한 배기 Bypass damper(D1)을 全開, 보일러입구 damper(D2)를 全閉한다.

엔진 운전중에는 증기수요량에 따라 운전모드에 관계 없이 아래와 같이 자동운전을 한다.

(a) 배기회수운전 모드

증기수요량이 적고 가스엔진 배기가스의 열회수만으로 충분히 처리할 수 있을 경우 버너의 연소가 정지되고 배열회수 운전모드로 된다.

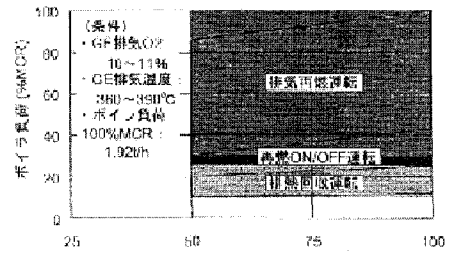
(b) 배기재연 운전모드

증기수요가 많을 경우는 배기재연운전모드로 되고 증기수요량에 따라 버너연소량이 조절된다.

(c) 재연 on/off 둔전모드

배기재연 운전모드로 버너 연소량이 최저로 되어도 또한 연소량이 과잉인 경우에 버너를 on/off 제어한다.

[그림-8]에 배기재연 보일러의 자동운전범위를 표시하였다. 엔진부하 50%이상의 열전비 0.5~1.5의 범위에서 熱電獨立可變이 실현되도록 설계되어있다.



[그림-8] 배기재연보일러 자동운전범위

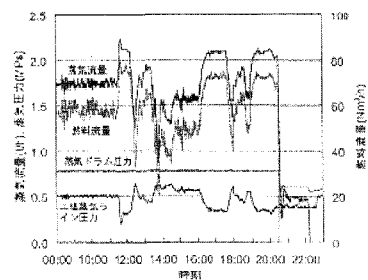
2) 가동현황

해당 시스템의 본공장에서 운전시간은 12월말 시점으로 3,300시간이고 본공장에 이설 전의 시스템 단독으로 운전시간과 합치면 5,300시간이 된다.

운전형태는 WSS를 기본으로 하고 있고 통상은 월요일의 아침 8시경에 기동하여 토요일의 20~22시경에 정지된다.

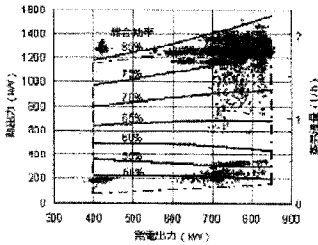
해당 시스템으로부터 공급되는 전력 및 증기는 공장의 수요량의 일부로서 엔진 및 배기 재연보일러의 부하 변동은 별로 크지않다 통상 엔진은 8시~20시의 사이에는 정격출력, 20시~8시 사이는 정격의 80~90% 출력으로 운전된다. 또한 배기 재연보일러는 정격점 부근에서의 배기재연운전 또는 배기재연을 하지않는 배열 회수운전을 하는 경우가 많다.

[그림-9]에 배기재연보일러의 열수요변동에 응답성을 표시한 한 예로 증기수요변동이 큰 날의 배기재연보일러 운전상태를 표시한다. 배기재연보일러는 배기재연 중에는 증기드럼 압력이 0.7MPa가 되도록 배기재연 버너의 연소량(연료유량)을 제어하고 배기재연 on/off 시에는 증기드럼 압력이 0.6MPa가 되도록 증기 토출량을 제어한다. 증기수요의 급격한 변동이 생기면 배기 재연버너는 정확히 추종하고 증기드럼압력은 일정하게 유지된다는것을 알게 되었다.



[그림-9] 증기수요변동이 큰 날의 배기재연보일러 운전상태

[그림-10]에 당해 설비의 출력 map을 나타내었다. 10분간의 발전출력 (주발전기와 TCS출력의 합계) 및 열출력 (배기재연보일러 발생증기)의 평균치를 약 6개월분을 O표로 Plot하였다. (다만 비정상 시의 데이터는 제외), 실선은 실측치로 부터 구한 等綜合效率線을 표시하고 점선으로 둘러싸인 범위는 당해 열전독립가변 가스엔진시스템의 계획운전범위이다. O표의 분포상태로부터 발전출력 및 열출력의 상한과 하한 부근에서 운전되는 경우가 많아 폭 넓은 출력 범위를 사용하고 있다는 것을 알 수 있다. 특히 운전빈도가 높은것은 발전출력



[그림-10] 발전출력 (kW)

700~850kW 열출력 1200~1400kW 부근으로서 이 출력범위는 증기회수만으로도 75~80%라는 높은 종합효율을 실현하고 있다.

#### 4. 맺는말

여기에 소개한 사례를 시작으로 최초로 납품된 기계가 순조롭게 가동실적을 올려 시장의 신뢰를 얻는것이 금후 MD20G의 도입실적을 증가시키는데 가장 중요하다. 또한 熱電독립가변시스템의 상품화를 급히 시장의 폭넓은 열·전력수요에 대응하는 태세를 정비하는것도 중요한 과제이다.

또한 도입사례2에서 소개한 내용은 경제산업성으로부터의 교부금을 原資로 실시하는 「에너지사용합리화 기술전략적 개발」사업의 하나로서 NEDO 기술개발기구의 공동연구계약을 근거로 실시하고있는 실증연구 成果의 일부이다.

## 회원사 동정 (The State of Major Affairs in Membership Companies)

### 1. 회원가입을 축하합니다.

에너지관리공단이 2008년 4월 14일 특별회원으로 가입하였음.

상호(업체명)	에너지관리공단
설립일자	1980. 7. 11
주소	경기도 용인시 수지구 풍덕천동 1157
종업원수	475명
대표자	이 기 섭
담당자	나 용 환 실장
TEL	(031) 260-4280
FAX	(031) 260-4299
특기사항	<ul style="list-style-type: none"> <li>기후변화협약 대응 기반구축</li> <li>에너지이용 효율 향상</li> <li>신재생에너지 개발 이용보급 등</li> </ul>

### 2. SK에너지(주), 제3기 고도화설비 및 중질유 탈황 공정 준공

SK에너지(주)는 지난 3월말 저가의 중질유를 분해하여 휘발유등 고부가가치 제품을 생산하는 제3기 고도화설비인 New FCC와 제2기 중질유 탈황공정(RHDS)을 준공하여 3개월 정도 시험가동을 거친 후 6월말부터 상업생산을 시작할 계획이다.

SK에너지(주)는 기존에 FCC 1기와 HOU 1기등 2기의 고도화 시설을 울산공장에 보유하고 있으며, 이번 New FCC완공에 따라 고도화설비 생산량이 국내 정유사 최대생산능력인 하루 16만 2,000배럴로 확대되었고, 고도화비율은 기존 9%대에서 14.5%까지 늘어났게 되었다.