

小型 熱併合 發電의 妥當性 研究

(5)

金 武 祚

코오롱엔지니어링 자동화사업본부 상무

3. 가스터빈 열병합 발전

열병합발전의 구동기관은 소형 분야에서는 500kW급이 호텔의 열병합 발전용으로 채용되어 있는 것을 비롯하여 대형 분야에서는 1~2만 kW급의 가스터빈이 공장용의 열병합 발전용으로, 10만 kW급의 가스터빈은 상업용 발전을 위한 가스터빈이 복합발전 설비로 사용되고 있지만 이것은 발전전용이므로 열병합 발전의 대상에서 제외하고 여기서는 500내지 1~2만 kW의 가스터빈에 대해서 기술하기로 한다.

가. 가스터빈의 특징

디젤 엔진 등의 왕복동 기관이 흡입, 압축, 팽창, 배기의 각행정을 동일 실린더 내에서 간헐적으로 행하는데 대하여 가스터빈은 이들의 행정을 압축기, 연소기, 터빈에서 연속적으로 처리해 가는 특징이 있으며 고속에서 대량의

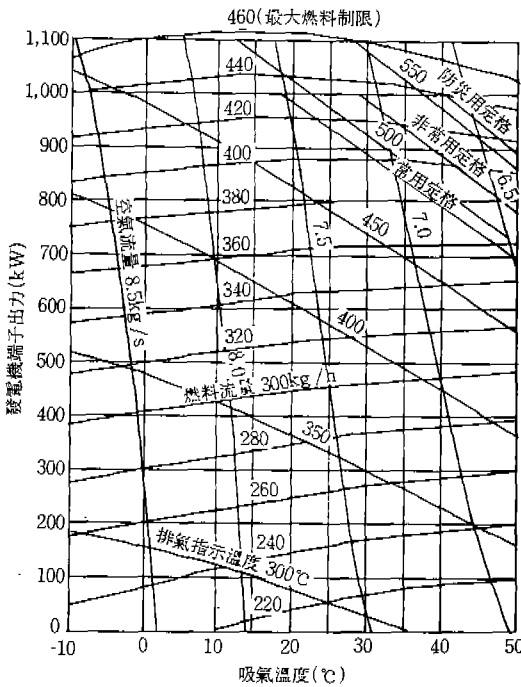
가스를 흘릴 수가 있는 대출력용의 엔진이라고 할 수 있다.

가스터빈의 특징로서 다음 점을 들 수 있다.

- (1) 경량 콤팩트이다(출력당 중량이 적다).
- (2) 구조가 단순하다.
- (3) 피스톤, 실린더와 같은 고온하에서의 윤활이 불필요하다.
- (4) 냉각수가 불필요하다.
- (5) 고속 회전이다.
- (6) 배기가스중의 NOx가 적다.
- (7) 연료소비율이 디젤 엔진에 비하여 높다.
- (8) 진동이 적다. 소음대책은 용이하다.
- (9) 액체연료, 기체연료, 저칼로리 연료 등 폭넓은 연료에의 대응이 가능하다.

나. 가스터빈의 특성

가스터빈의 특성은 통상 그림 5-4와 같이 흡기온도, 발전출력을 패러미터로 하여 연료소비



大氣壓力 1,016kg/cm²
 (高度 150m 相當)
 吸氣損失 100mmAq
 排氣損失 100mmAq
 燃料低發熱量 10,300kcal/kg
 發電機效率 93%

〈그림 5-4〉 1000kW Gas Turbine 성능곡선

량, 배기온도, 흡기유량이 표시된다. 이들의 특성은 설치장소의 고도, 흡·배기손실, 흡기온도에 따라서 변동하지만 특히 최대출력은 흡기온도의 상승에 따라서 감소하므로 하절기 흡기온도의 변화를 고려하여 가스터빈의 용량을 선정하는 것이 중요하다. 또한 설치장소의 고도에 따라서는 흡기의 저하로 성능의 보정이 필요하게 된다.

1,000kW급 가스터빈의 열평형선도를 그림 5-5에 나타낸다. 입력의 약 20%가 전기출력으로 인출되고 기타의 대부분이 배기가스 손실로서 대기로 배출된다.

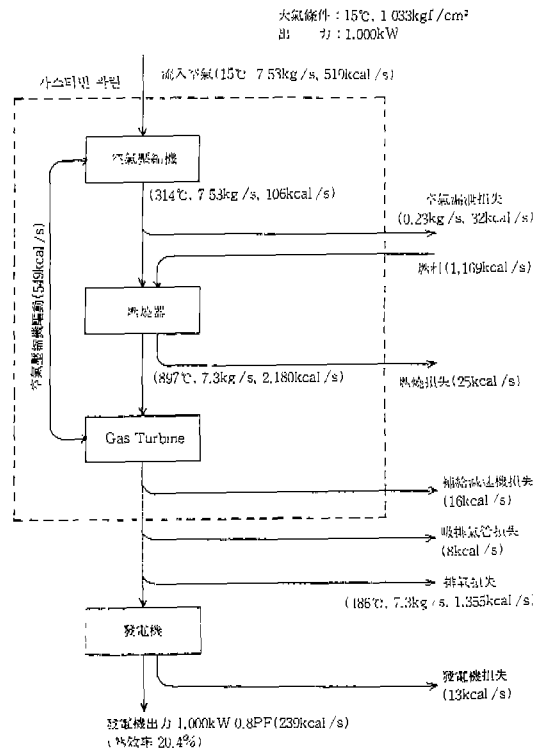
기타 손실은 기계손실, 발전기 손실 등이다. 가스터빈에서는 배기가스 손실의 유효 이용이

총합열효율 향상의 열쇠이고 가스터빈 열병합 발전의 의의도 거기에 있다.

다. 배기가스의 특성

가스터빈의 배기가스 조성의 예를 표 5-2에 나타낸다. 대기오염방지에서 문제가 되는 SOx는 사용하는 연료중에 포함된 유황분이 그대로 SO₂, SO₃로 되어 방출된다. NOx의 경우는 연료중의 질소분이 NO로 변화하여 생기는 Fuel NOx와 연소공기중의 질소가스(N₂)가 고온연소 가스중에서 NO로 변화하는 Thermal NOx가 있다.

SOx의 저감책으로서는 유황분이 적은 등유, 도시가스를 사용하는 것이 필요하게 된다. NOx의 저감책으로는 연소기에 물 또는 증기



〈그림 5-5〉 Gas Turbine의 熱平衡線圖
 (熱效率는 LHV基準)

〈표 5-2〉 배기 Gas의 조성 예

연료 배기 Gas	등유(s=0.02%)	도시 Gas
NOx	85ppm(0.15%)	54ppm(0.15%)
SOx	2.8ppm	0
매연	0.02g	0.02g

주입이 실용화되고 있다. 이단 연소법, 희박혼합 연소법, 촉매연소법 등에 의한 저 NOx연소기가 연구되어 일부 실용화되고 있다. 가스터빈의 고효율화를 위한 터빈 입구 매연에 대해서는 입자직경 0.01~1 μ m 정도의 미립자인 氣相析出이 주이다. 연료노즐 및 연소기의 개량에 의하여 어느 정도 저감이 가능하다.

라. 연료 소비율과 발열특성

현재 가스터빈의 연료소비율은 디젤 엔진, 가스엔진보다 크다. 500~10,000kW급 가스터빈의 정격출력에 있어서 연료 소비율은 280~190g / ps / h이다. 부분 부하시의 연료 소비율의 증가 비율은 디젤 엔진에 비하여 크기 때문에 부분 부하에 있어서 장시간 운전은 연료 경제상으로는 피하는 것이 바람직하다.

가스터빈 열손실의 대부분은 배기가스에 의한 것이고 이것에 의하여 입력의 70%가 상실된다. 따라서 이 배열을 유효하게 이용하는 것이 열 효율을 향상시키는 점에서 중요하다. 가스터빈의 배기가스 온도는 400~500 $^{\circ}$ C 정도로 배열보일러에 의하여 열회수하는 것이 가능하다.

고, 배열이용의 용도는 넓어서 냉난방용 열원, 프로세스 증기, 증기터빈에 의한 복합 발전 등에 이용할 수가 있다. 이와 같은 배열의 유효이용에 의하여 총합 효율은 70~80%로 하는 것이 가능하다.

마. 발생소음의 특성

가스터빈에서의 소음은 고주파음이 많아서 흡수하기 쉽고 방음 패키지에 수납하는 것에 의하여 90~70dB(A) 정도까지 용이하게 감음(減音)할 수 있다. 흡기계통으로부터의 소음에 대해서는 소음기를 설치하여 감음한다. 가스터빈 발전 패키지의 기축 1m에서의 Power Level의 예를 표 5-3에 나타낸다.

또한 엔진 배기의 소음 레벨은, 표준 배기 소음기를 설치한 경우 출구 1m에서 약 90dB(A)로 되어 있다.

바. 발전 내진의 방법

가스터빈은 왕복동 부분이 없으면서도 회전체는 잘 균형이 잡혀 있고 고속운전에도 불구하고 회전에 의한 불평형 진동력은 고주파, 저진폭의 특징이 있다. 또, 발생회전력의 변동분은 전진폭에서 정력 회전력과 같은 정도의 저주파 진동 회전력이 부하 변동시의 순간에만 발생할 뿐으로 정상시에는 극히 원활하고 회전력 변동에 의한 진동도 근소하다. 따라서 발전 장치의 설치 기초부에 미치는 기전력은 정격 주파수와 그의 1/2 및 2배 주파수의 성분만으로

〈표 5-3〉 발전장치 Package의 Power Level(dB)

중심주파수(Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000
500~2000kW	85~90	88~94	90~92	89~94	94~100	95~98	92~101

로 된다. 대형 전동기 기동시 등의 과도시에는 편진폭 600kg까지, 정상시에는 편진폭 300kg 정도까지이다. 설치에 있어서 특별한 방진공사는 불필요하다.

지진에 대해서는 건물의 내진 강도는 건축 기준법 시행령에 규정되어 있고 자가 발전설비에 있어서도 배려가 필요하다. 설치장소, 설치층 등에 따라 지진에 대한 응답계수가 알려져 있는 경우에는 이 응답계수를 지진력에 곱한 수치에 견디도록 고려한다.

기초 볼트는 수평진도 0.3G의 지진에 대해서도 절단되지 않는 것으로 한다.

사. 연료와의 관계

사용연료는 A중유, 경유, 등유 등의 액체연료와 함께 천연가스, 프로판가스 등의 기체 연료가 사용될 수 있다. 또 액체연료와 기체연료를 절환하여 사용하는 이중연료 시스템의 적용도 가능하다. 프로판 가스의 액체 연소 기술에 대해서는 아직 확립되어 있지 않다.

저칼로리 가스에 대해서는 통상 가스터빈에서 사용할 수 있는 발열량의 하한은 4,000 kcal/kg 정도이고 석탄가스화가스, 고로가스에 대해서는 연소기의 사양변경이 필요하다.

아. 제어

운전을 안전하고 확실하게 하기 위해서는 각종 제어 기구를 설치하고 기동부터 정지까지의 전부를 자동적으로 행한다. 발전용 가스터빈의 경우 기동정지 시퀀스 제어, 가속 및 정속제어 이외에 각종 보호장치에 의하여 엔진의 이상상태를 검지하여 긴급정지, 경보를 울리는 보안제어를 하고 있다.

가스터빈의 제어는 연료유량에 의하여 행해진다.

연료제어 기능은 다음과 같이 대별할 수 있다.

- (1) 기동, 가속 시퀀스 제어
- (2) 조속 제어
- (3) 정지 시퀀스 제어

기동, 가속 시퀀스 제어는 가스터빈의 콤프레서의 서지 한계, 터빈의 입구온도한계 내에서 안전하게 그리고 단시간에 기동, 가속을 행하도록 연료 유량을 제어한다. 기동 시간은 대형일수록 길고 수천마력 이하의 중소형에 대해서는 10~30초 정도에서 기동이 완료된다. 조속기 제어는 기동완료후 정상운전에 있어서 부하에 관계없이 회전속도를 설정, 회전 속도를 유지하도록 연료 유량을 제어하는 것이다.

가스터빈 로터의 회전수가 회전검출기에서 검출되어 설정치와 비교된 후, 제어신호가 액츄에이터로 보내져 속도제어 액츄에이터에 의하여 연료 유량 제어변이 제어된다.

(원자력 소식 제공)

● 국내 최초 발전용 원자로 가동 15주년 맞아 ●

— 고리원자력 1호기 15년간 총전력의 5% 공급 —

우리나라 원자력발전소의 효시인 고리원자력 1호기가 4월 29일로 상업운전을 시작한지 15년이 되었다. 그동안 고리원자력 1호기는 523억4천만 kWh를 생산하여 총전력의 약 5%를 공급하였으며, 석유 약 7천6백만배럴의 대체효과를 가져왔다.

자. 고효율화

가스터빈의 열효율을 향상시키는 수단으로 터빈 입구 온도를 고온화하는 노력이 행하여지고 있다. 이외에 콤프레서, 터빈의 효율을 올리는 것이 필요하다. 가스터빈의 입구 온도는 근년 1,100~1,200℃급의 것이 실용화되어 있다.

터빈 입구 온도의 상승은 내열재료의 개발과 냉각날개의 발달에 의한 바가 크다.

제 6 장 소형 열병합 발전 사례

1. 일본의 니찌이 회사 지점 건물(1)

가. 건물개요

· 주소	요코하마시 중구
· 부지면적	7,201㎡
· 연 건물	33,127㎡
· 층수	지상 6층 지하 1층
· 구조	철골 구조
· 착공	1988년 4월
· 준공	1990년 4월

나. 설계사양 및 방침

열병합발전 시스템은 종합효율이 70~80%로 입력 에너지를 유효하게 이용할 수 있는 토털에너지 시스템이다. 그러나 수변전 설비, 발전용량, 거기에 수반되는 배열, 공조부하, 급탕부하 등 전기와 열의 에너지 균형을 충분히 검토한다.

또 설비비도 고려하여 종합적인 시야에서 결

정할 필요가 있다. 본 건물은 그와 같은 관점에서 우수한 제어성을 가진 최선의 시스템을 도입하였다.

이 시스템은 주파수 가변형 가스엔진 발전기 + 공냉 히트 펌프 패키지의 조합에 의하여 열병합 발전은 일반보다 몇 가지 장점을 갖고 있어서 에너지 절감을 달성하는 시스템이다. 이 시스템 명칭을 HCCA 시스템이라 한다.

다. 주요기기

· 가스엔진 발전기

300kW 도시가스(13A) 82.5m/h×4대

발전전압 6,600~5,500V

주파수 60~50Hz

배열회수 420,000kcal/h

· 공냉 히트 펌프 패키지 합계 750RT

· 온수 흡수식 냉동기 360RT×1대

· 수영장용 보일러 2,100,000kcal/h×1대

라. 설계의 요점 및 시스템의 특징

(1) 도시가스에 의한 열병합 발전

· 청정에너지 사용에 의하여, 저 NOx 화를 시도하여 공해대책에 유리

· 안정공급으로 계속 운전이 가능

(2) 특별 고압 수전 설비의 회피

· 수변전 설비의 초기 투자비 절감

· 전력 수용 부담금의 절감

(3) 운용비용의 절감

· 발전에 의한 배열이용

· 계약전력의 삭감에 따르는 기본요금의 절감

(또 계통분리에 의하여 예비전력계약도 불필요)

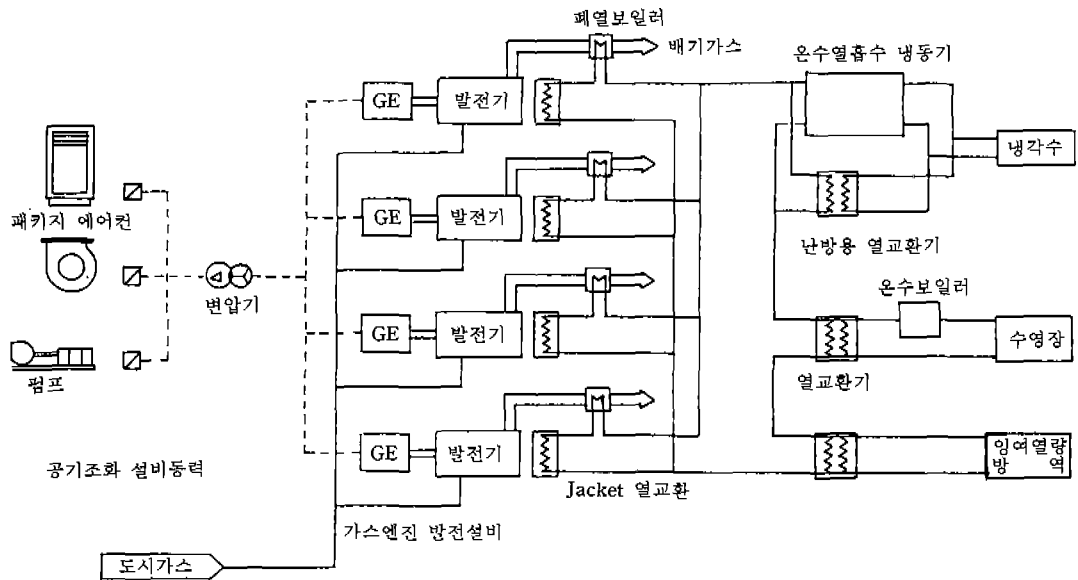
(4) 세제의 우대조치 개요

· 특별 세액공제 또는 초년도 특별상각의 적용

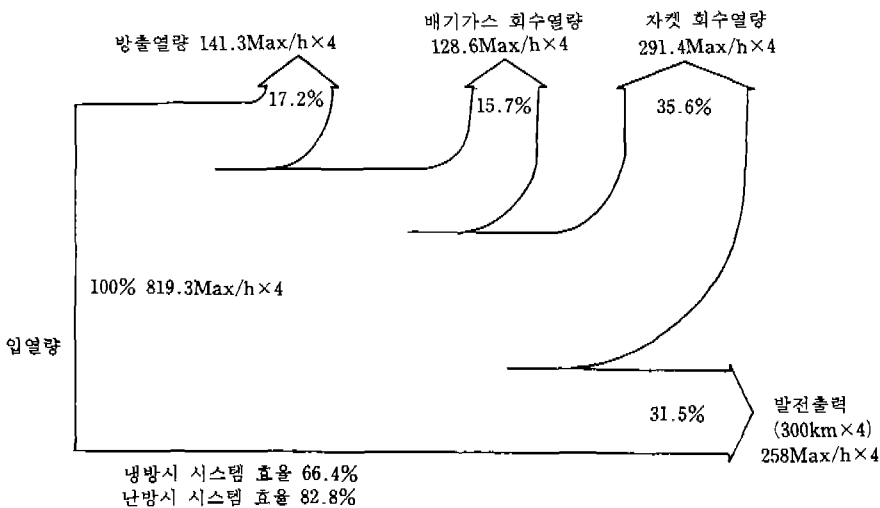
- 폐열 이용 발전사업으로써 유리한 용자
- (5) 공냉 히트 펌프 패키지
- 연간 연속 개별 냉난방이 가능, 온도 설정도 자유
- 60Hz 사용으로 능력 향상
- 기계실 면적의 감소

- 점내의 낙수 누수의 불안해소
- (6) 주파수 가변(VVVF 전원)에 의한 최적운전
- 운전비용의 절감
- 장비의 소형화, 초기투자 비용의 절감

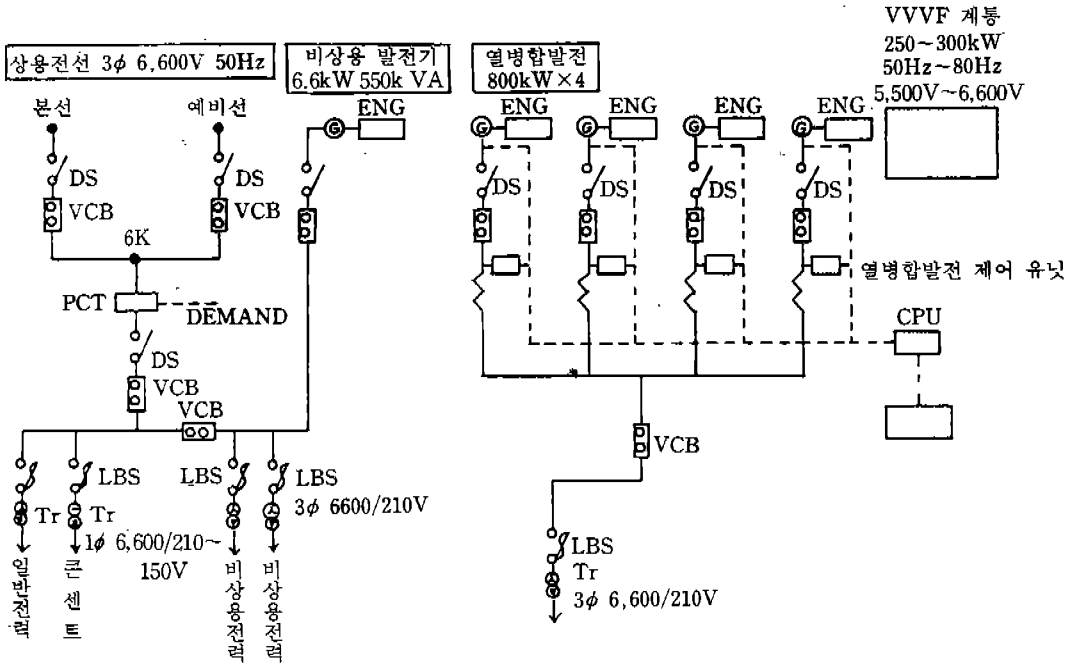
마. System Flow Diagram



바. Heat Balance



사. 수전설비



아. 經濟性 比較表

區 分	열 병 합 발 전	수 전 의 경 우
電 力 料 金	-	66,600,000円 / 年
가 스 料 金	21,000,000円 / 年	-
排 熱 利 用 (冷 暖 房)	△22,300,000円 / 年	-
합 계	△ 1,300,000円 / 年	66,600,000円 / 年
差 額	67,900,000円 / 年	基 準
초기투자비용 差額	+200,000,000円 / 年 (+186,000,000)	基 準
單 純 償 却 年 數	2.9年 (2.7年)	基 準

註) () 내는 에너지 절감 세제를 적용한 경우
年間發電量 2,100,000kWh의 경우

[비용검토시의料金]

열병합 운전시의 가스요금	34.5円 / m ³ (基本料金포함)
吸收式 冷凍機의 가스요금(夏期)	34.5円 / m ³ (基本料金포함)
吸收式 冷凍機의 가스요금(其他)	116.4円 / m ³ (基本料金포함)
電氣料金(業務用 高壓 6kV) 基本料金	1.716円 / kW (特別料金 B表)
從量料金(夏期)	19.97円 / kWh (特別料金 B表)
(其他)	18.15円 / kWh (特別料金 B表)

☛ 다음 호에 계속