



Ⅱ 열병합발전이란

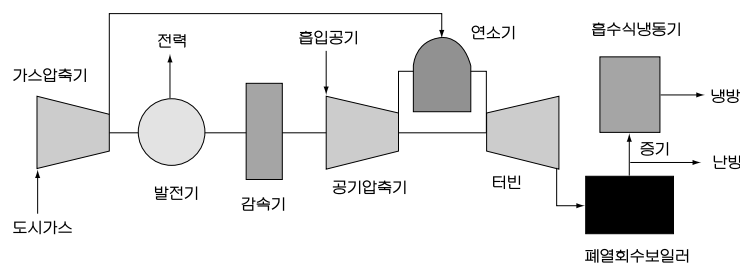
- 1. 정의 20
- 2. 에너지이용 시스템 개요 21
 - 가. 열병합발전의 분류
 - 나. 열병합발전 시스템 장·단점 비교
- 3. 열병합발전의 효율 22
 - 가. 효율에 대한 기초
 - 나. 열병합발전 시스템 효율
- 4. 국내 적용사례 25
 - 가. 가스터빈 열병합발전 시스템
 - 나. 가스터빈 열병합발전 설치 사례
 - 다. 가스엔진 열병합발전 시스템

Ⅱ. 열병합발전이란

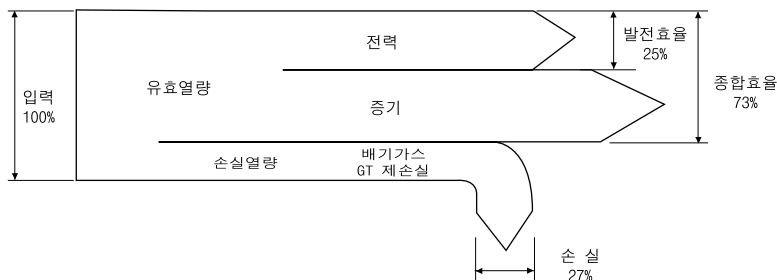
1. 정의

열병합발전 시스템(Cogeneration System)은 하나의 에너지원으로부터 전력과 열을 동시에 발생시키는 종합에너지 시스템(Total Energy System)으로 발전에 수반하여 발생하는 배열을 회수하여 이용하므로 에너지의 종합 열이용 효율을 높이는 것이 가능하기 때문에 산업체, 주거용 건축물 등의 전력 및 열 원으로서 주목받고 있다. 즉, 열병합발전 시스템은 산업체, 건물 등에 필요한 전기·열에너지를 보일러 가동 및 외부 전력회사의 수전에 의존하지 않고 자체 발전시설을 이용하여 일차적으로 전력을 생산한 후 배출되는 열을 회수하여 이용하므로 기존 방식보다 30~40%의 에너지 절약효과를 거둘 수 있는 고효율 에너지 이용기술이다.

최근 화력발전소에서의 발전효율은 약 40% 정도이고 이것을 송전하는 데 발생하는 손실을 감안하면 이용효율은 35% 정도이나, 열병합발전 시스템으로부터의 발전효율은 발전기 형식, 용량 등에 따라 차이는 있으나 25~40% 범위 내에 있다. 그리고 발전 시의 배열은 발전량보다 1.5~2배 정도 발생이 되며 이것을 유효에너지로 회수할 경우 총효율은 75~90%까지 향상이 된다. 그림Ⅱ-1, 그림Ⅱ-2는 가스터빈을 이용한 열병합발전 시스템의 개요 및 에너지 이용효율을 나타낸 것이다



그림Ⅱ-1. 열병합발전 시스템 개요 (가스터빈 열병합발전 시스템)



그림Ⅱ-2. 에너지 이용효율 (가스터빈 열병합발전 시스템)

2. 에너지이용 시스템 개요

가. 열병합발전의 분류

열병합발전 시스템은 구성기기, 대응하는 부하, 운전방식 등에 따라 여러 가지로 분류된다.

1) 원동기 종류에 따른 분류

- 증기터빈 방식 : 산업용 대용량
- 가스터빈 방식 : 산업용, 건물용
- 디젤엔진 방식 : 산업용, 건물용
- 가스엔진 방식 : 건물용

2) 적용 대상에 따른 분류

- 산업체 : 증기와 전기를 많이 쓰는 염색, 피혁, 화공, 식품, 제지, 목재 업종에 주로 적용
- 건물 : 열을 많이 쓰는 호텔, 병원, 백화점, 스포츠시설 등에 주로 적용

3) 적용형태에 따른 분류

- 자가발전 방식 : 산업체자가용 열병합발전, 건물자가용 열병합발전
- 집단에너지 공급방식 : 산업단지 열병합발전, 지역냉·난방

나. 열병합발전 시스템 장·단점 비교

열병합발전은 넓은 의미로 1차에너지에서 연속적으로 2종류 이상의 2차 에너지를 발생시키는 시스템이라고 정의할 수 있다. 실제로는 액화석유가스, 천연가스, 석유 등의 연료로 가스엔진, 디젤엔진, 가스터빈 등의 원동기를 구동하여 그 동력과 배열을 유효하게 이용하는 시스템으로 장·단점을 살펴보면 다음과 같다.

1) 장 점

- 전력과 열에너지를 동시에 생산하며, 배열을 효과적으로 이용함으로써 종합에너지 이용효율이 향상(총효율 75~90%)
- 분산형 전원으로 하절기 전력 Peak-Cut용으로 이용 가능하여 안정된 전력수급에 기여
- 원격지 전력송전에 의한 설비비 및 송전손실 비용을 줄임
- 전력 자체생산으로 계약전력 감소에 의한 전력요금 저감 및 전력회사에 역판매 시 전력판매 수입이 가능
- 전력수급 대책의 하나로 민간의 열병합발전 참여에 의한 전력회사 자체의 신규 발전 설비 소요를

감소시킬 수 있음

- 청정연료인 도시가스 이용 시 이산화탄소 억제 및 환경공해 문제에 기여

2) 단 점

- 투자비가 비교적 크고, 시설단위가 전력회사의 기존 발전설비에 비해 매우 작으며, 화석연료(가스, 유류)를 주로 사용함으로써 향후 연료비의 불확실성, 규모의 비경제에 따른 사업참여 위험성이 있음
- 열 및 전력수요의 비율이 적절치 않거나, 수요 변동의 불확실성이 클 경우 에너지 이용효율에 의한 이득이 투자비의 자본회수 소요를 초과할 가능성이 있음

표II-1. 열병합발전 특성

구 분	주 요 내 용	실 례
1. 대형 가스발전소 (가스복합 화력 발전소)	· 총효율 40~50%(전력만 생산) · 가스터빈으로 1차발전, 폐열회수하여 스팀터빈으로 2차 발전 · 용량 : 50~150MW	· 서인천 화력, 평택 복합화력 발전소
2. 중형 가스발전소 (가스복합 열병합 발전소)	· 총효율 60% 이상(전력 및 열생산) · 가스터빈/증기터빈으로 복합발전하고 폐열은 지역난방에 이용 · 용량 : 50~100MW	· 분당, 일산, 안양, 부천 등 지역난방 열병합 발전소
3. 중소형 가스발전소 (산업체 열병합 발전소)	· 총효율 60% 이상(전력 및 열생산) · 가스터빈으로 발전하고 폐열은 회수하여 공장프로세스용으로 사용 · 기기 이용효율 높음 · 용량 : 3~30MW	· KOGAS 인천인수 기지, 포항제철, 광양제철, LG정유 등 자가열병합 발전 설비
4. 소형 열병합발전 시스템	· 총효율 75~90% 이상 · 가스터빈/엔진으로 발전하고 폐열은 회수하여 건물 난방에 이용 · 기기 이용효율 높음 · 용량 : 5MW 이하	· KOGAS 본사, 롯데월드, 무역센터, 롯데호텔 등 자가열병합 발전 설치

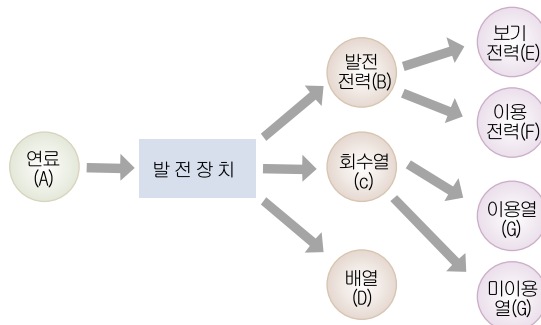
3. 열병합발전의 효율

가. 효율에 대한 기초

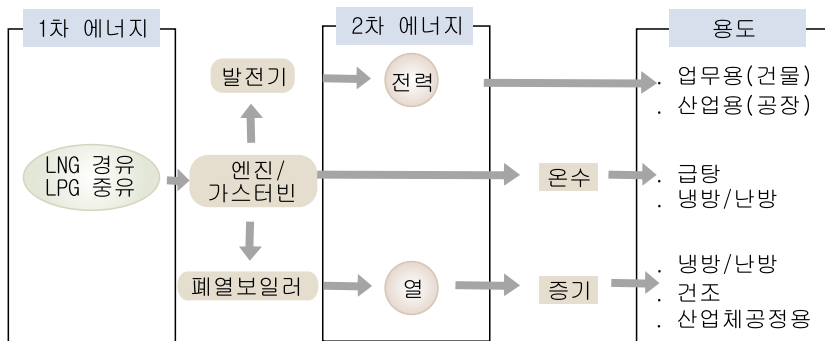
효율은 입력과 출력의 비로 표시된다. 열병합발전의 경우 아래 그림에 표시되는 각 단계의 출력에 의해서 다음 각종 효율이 정해진다.

- 발전효율 = 발전전력(B) / 소비연료(A)
- 열회수효율 = 회수열(C) / 소비연료(A)
- 종합효율 = [발전전력(B) + 회수열(C)] / 소비연료(A)
- 이용효율 = [이용전력(F) + 이용열(G)] / 소비연료(A)

발전효율은 열병합발전 시스템을 발전기로 본 경우의 효율로 그 성능을 표시하는 기본적인 효율로서 중요하다. 열회수효율은 열병합발전 시스템을 열발생장치로 간주한 경우의 효율로 그 특색인 배열회수성을 표시하는 효율이다. 종합효율은 열병합발전 시스템이 발생하는 전력과 열을 종합적으로 평가하기 위한 효율이다. 이용효율은 열병합발전 시스템에 의해 발생한 전력이나 열이 생산시설이나 건물을 포함한 종합시스템으로서 유효하게 이용되었는가를 표시하는 효율이다.



그림II-3. 열병합발전의 각종 출력



그림II-4. 열병합발전의 효율

나. 열병합발전 시스템 효율

열병합발전 시스템에서는 발전과 함께 발생하는 배열을 회수하여 이용하기 위해 에너지의 종합효율을 75~90% 정도까지 높인데, 이 점에서 계통전력에 있어 화력발전소의 시스템(효율 35~45% 정도)과 비교되는 일이 많다. 그런데 종래 시스템의 열원인 보일러 효율(90% 정도)을 포함해서 검토하지 않으면 전력, 열수요에 대한 시스템 효율의 평가는 이루어지기 어렵다. 그러므로 여기에서는 열병합발전 시스템

의 에너지 유효이용 평가의 기초로서 일정 조건하에서 얻을 수 있는 에너지 절약률에 대해서 검토하고 건물용도와 적용시스템의 관계에 대해서 설명한다.

우선 검토할 임의의 건물 전력수요량을 $A(\text{kW/h})$, 열수요량을 $B(\text{kcal/h})$ 로 한다. 종래 시스템으로서 전력계통으로부터의 매전과 보일러 편성을 생각하면 전력수요에 관한 에너지 소비열량 $Q_{1A}(\text{kcal/h})$ 는

$$Q_{1A} = \frac{A \times 860}{\eta_T}$$

η_T : 화력발전 열효율

또한 열수요에 관한 에너지 소비량 $Q_{1B}(\text{kcal/h})$ 는

$$Q_{1B} = \frac{B}{\eta_B}$$

η_T : 화력발전 열효율

따라서 종래 시스템의 경우 에너지 소비열량 $Q_1(\text{kcal/h})$ 는

$$Q_1 = Q_{1A} + Q_{1B} = \frac{A \times 860}{\eta_T} + \frac{B}{\eta_B}$$

로 나타난다.

다음으로 전력수요에 맞춰 운전하는 (전력 추종형) 열병합발전 시스템의 경우에 대해 살펴보면, 전력수요분 에너지 소비열량 $Q_{2A}(\text{kcal/h})$ 는

$$Q_{2A} = \frac{A \times 860 \times (1-k)}{\eta_T} + \frac{A \times 860 \times k}{\eta_\rho}$$

여기에, k : 전력수요량에 차지하는 자가발전비율($0 \leq k \leq 1$)

η_ρ : 자가발전효율

열수요분 에너지 소비열량 $Q_{2B}(\text{kcal/h})$ 는

$$Q_{2A} = \frac{B - \frac{A \times 860 \times (1-k)}{\eta_\rho} \times (\eta_c - \eta_\rho)}{\eta_\beta}$$

단, $Q_{2B} < 0$ 일 때, $Q_{2B} = 0$

여기서 η_c : 열병합발전 시스템의 구동원 종합효율

따라서 열병합발전 시스템의 에너지 소비열량 $Q_2(\text{kcal/h})$ 는

$Q_{2B} < 0$ 일 때

$$Q_2 = Q_{2A} + Q_{2B} = A \times 860 \times \left(\frac{1-k}{\eta_T} + \frac{k}{\eta_P} - \frac{k(\eta_c - \eta_P)}{\eta_B \times \eta_P} \right) + \frac{B}{\eta_B}$$

$Q_{2B} \leq 0$ 일 때

$$Q_2 = Q_{2A} = A \times 860 \times \left(\frac{1-k}{\eta_T} + \frac{k}{\eta_P} \right)$$

로 나타난다. 위 식을 이용하면 에너지 절약률 S(%)는 다음 식으로 산정된다.

$$S = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \times 100$$

각 효율의 일반적인 값으로는 $\eta_T = 0.35$, $\eta_B = 0.9$, $\eta_P = 0.75$, $\eta_T = 0.30$, $\eta_P = 0.20$ 의 경우에 대해 에너지 절약률을 산정할 수 있다. 실제 건물에 있어서는 전력, 열수요의 계절, 시간변동이 있어 발생한 에너지를 모두 이용할 수 있는 것은 아니므로 위에서 언급한 에너지 절약효과는 다소 낮아질 수 있다. 따라서, 열병합발전 시스템의 일반건물에 대한 적용에 즈음해서는 건물의 전력, 열수요 특성 외에 시스템의 부분 부하 시의 효율을 고려한 평가가 필요할 것으로 판단된다. 즉 열병합발전 시스템의 건축에 대한 적용에 있어서는 건물의 종류나 사용상태, 열 전력수요의 발생상황을 기록한 에너지 절약효과 분석을 위한 시뮬레이션 모델을 개발하여, 유지비에 대한 매전을 하는 종래 시스템과의 비교도 검토해 보고, 아울러 유지비 증감을 고려해서 시스템 보급이 활성화되는 경제성 평가를 면밀하게 할 필요가 있다.

4. 국내 적용사례

다음은 국내보급을 위한 보급형으로 개발한 1000kW급 가스터빈 패키지 열병합발전 시스템과 200kW급 가스엔진 열병합발전 시스템에 대한 시스템의 주요내용, 사양 등을 살펴보고 개발 성과품의 적용사례 주요내용을 살펴보았다. 1000kW급 가스터빈 열병합발전 시스템은 국내의 엔지니어링 설계기술을 기초로 시스템을 설계하였으며, 핵심요소부품인 가스터빈 본체는 일본에서 제작하였으며 기타 주요부품은 국내에서 제작하여 시스템을 제작하였다. 개발 성과품은 국내 업무용빌딩(가스회사 사옥)에 설치하여 전시용으로 활용 중에 있다. 200kW급 가스엔진 열병합발전 시스템의 경우도 가스엔진 본체는 미국에서 제작하였으며 기타 주요부품은 국내 제작하였으며 개발성과품은 전시관(에너지 회사)에 전시용으로 활용되어 있다. 주요 내용을 살펴보면 다음과 같다.

가. 가스터빈 열병합발전 시스템

1) 시스템 구성

시스템의 주요 구성요소는 원동기인 가스터빈, 감속기어장치, 발전장치, 폐열회수장치, 가스압축기, 순수장치, 제어장치 등이다. 열병합발전용 가스터빈은 국내 기술수준 및 여건상 외국의 대표적 열병합발전용을 선정 적용하였으며 국내 제작한 대표적 요소부품으로는 폐열회수보일러, 제어판넬, 발전기를 비롯

하여 시스템 설계를 하였다. 각 구조의 주요 특징은 다음과 같다.

2) 가스터빈 및 발전기

가스터빈 연소기로 공급되는 압축된 공기를 냉각시키기 위한 중간냉각장치를 적용하여 시스템 효율을 증가시켰으며 또한 비상용 가스터빈에서는 2단 터빈방식이 일반적이거나 본 시스템은 4단 터빈방식을 채택함으로써 효율을 극대화시켰다. 발전기는 동기발전기로서 절연 시스템, Surge 내력 강화, 냉각 및 통풍 구조의 설계, 베어링 구조개선 및 여자특성의 향상을 통하여 신뢰성을 향상시킴으로써 효율은 95% 내구성은 10년 이상 가능토록 하는 회전계자형 돌극형으로 구성되어 있다.

3) 폐열회수보일러

폐열회수보일러는 터빈에서 발생하는 약 500℃ 정도의 배기가스 폐열을 회수하여 약 3.07ton/h, 8kg/Cm²g 용량의 증기를 생산하는 시스템으로서 생산된 증기는 온수, 난방, 프로세스용으로 이용하거나, 640RT급 증기식 흡수식냉동기를 부착하여 약 6,000평 정도의 건물에 냉방용 냉수공급을 위한 열원으로 사용할 수 있다.

표II-2. 시스템 주요사항

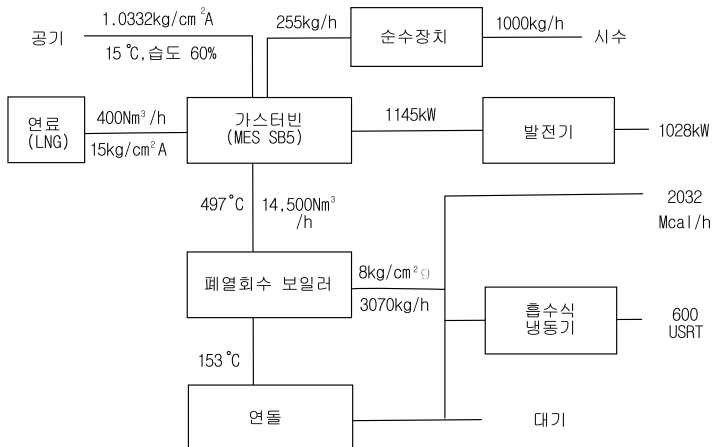
가 스 터 빈 발 전 설 비	
가 스 터 빈	형식 / 회전 속도 : 압축기/터빈(원심 2단/축류 4단) / 26,600/1,800rpm (터빈/출력단)
	정 격 출 력 : 1,100kW (흡입공기온도 : 15℃, 흡/배기압손 : 50/200mmAq)
	시동방식/감속장치 : 전동기(삼상 유도, 75kW) / 유성치차식 (26,600/1,800rpm)
발 전 장 치	형식/ 용량 / 역률 : 회전계자형 동기 발전기/1,320kVA (40℃) / 0.8 주파수 / 절연종별 : 60Hz/ F종
Enclosure	형식 / 방음 성능 : 방음 구조 강판제, 옥외형/ 기축 1m, 지상 1.2m, 85dB(A) 이하
제어 패널류	형식 : 강판제 폐쇄 수직 자립 옥내형 구성 : 가스터빈, 발전기, 보기 제어반
폐 열 회 수 보 일 러	
증 발 부	형 식/ 전열 면적 : 관류식 / 78/145m ² (관내/관외부)
	증발량/압력/급수 온도 : 3,070ℓ /h / 8.0kg/Cm ² g / 60℃ (중간 냉각기 입구)
Economizer	형 식/ 전열 면적 : 이회류 직교형 / 20m ²
가 스 연 료 공 급 장 치	
가스 압축기	형식 : 축단 구동 스크류식
	토출량/ 흡/토출압 : 420Nm ³ /h / 1.0~2.0/15kg/Cm ² g
	소요 동력/냉각 방식 : 55kW / 유냉식
질 소 산 화 물 저 감 장 치	
수분사 장치	용량 : 75% (도시가스 13A, 중량비)
	형 식/ 용 량 : 혼상식 또는 RO (역삼투압식) / 280ℓ/h
냉 방 장 치	
흡수식 냉동기	640RT급 증기흡수식

4) 주변기기

발전기, 가스터빈, 보조기기를 작동시킬 수 있는 제어장치를 개발하여 적용하였고, 순수장치를 사용하여 NOx 발생량을 70ppm(O₂, 13.6%) 이하로 저감되도록 설계되어 있다. 또한 가스터빈 본체 및 가스압축기에 방음효과가 큰 외함 (Enclosure)을 설계하여 85dBA 이하가 될 수 있도록 제작하였고, 시스템 기초지반과 베드 사이에 방진 스프링을 설치하여 지반으로 전달되는 진동원을 흡수할 수 있도록 구성되어 있다. 시스템의 전체적인 주요사양은 표 II-2와 같다.

5) 개발 대상 시스템의 열수지

대상 열병합발전 시스템의 예상 에너지 수지는 다음의 그림 II-5와 같다. 이때의 전제 조건은 1.0332kg/Cm² abs, 15℃, 습도 60%, 흡입 손실 및 배압 손실을 각각 50mmAq, 200mmAq이며, 연료인 도시가스의 LHV는 9940kcal/Nm³이다.



$$\begin{aligned} \text{*중합 열효율} &= (\text{전력생산량} + \text{열회수량}) / \text{연료에너지 투입량 [kW]} \\ &= \{1028 + (2353 - 214)\} / 4400 = 72\% \end{aligned}$$

그림 II-5. 가스터빈 열병합발전 시스템의 에너지 수지

6) 시스템 제어 및 관리

열병합발전 시스템이 기동되기 위해서는 약 100kW의 전력, 시상수, 404Nm³/h의 가스가 필요하다. 구동용 전력은 주로 기동모터, 냉각탑, 냉각수 순환모터, 제어용 전원 등에 공급되므로 반드시 외부전원이 공급되어야 구동이 가능하며, 정전 시에는 시스템의 안전을 위하여 정지되도록 되어 있다.

또한 병렬운전 시 발전된 전력이 건물부하측의 순간적인 부하감소 시 한전전원으로의 역송전될 수 있으며 이 경우 역전력 계전기의 작동으로 건물전체가 정전될 수 있다. 이를 방지하기 위해서 매전력 시스템을 구성하여 병렬운전 시 항상 200kW는 외부전원으로부터 전력을 공급받아 부하 측에 공급하고 나머지를 발전하여 공급하는 시스템으로 운전측면에서는 비효율적인 시스템일 수 있다. 그러나 이는 자가발전시스템 계통에 사고발생 시 외부전력계통에 영향을 미치지 않도록 하는 안전장치의 일종이라 할 수 있다.

나. 가스터빈 열병합발전 설치사례

1000kW급 가스터빈 패키지 열병합발전 시스템은 신축하는 사무용빌딩에 적용하였다. 건물 기초설계 당시부터 설계에 반영하여 총 3년에 걸쳐 설치하였으며 대상 건물은 지상 8층, 지하 2층의 연면적 10,646평에 이르는 사무용 빌딩이다. 대상건물에 열병합발전 시스템을 도입하기 위하여 건물 기초설계부터 관련사항을 반영하여 건물 상세설계, 시공을 비롯하여 반입 설치, 시운전 등을 통하여 설치 완료되었다. 열병합발전 시스템은 다른 공조설비와 함께 지하 2층에 설치되었고 지하 1층 방제센터에서 이를 감시토록 설계되어 있다.

1) 건축구조

대상건물에 열병합발전 시스템을 설치하기 위하여 지하 2층에 가로 18000mm×세로 11800mm×높이 6000mm의 공간을 확보하였으며 냉방을 위한 증기식 흡수식냉동기 및 난방용 열교환기는 별도로 기계실에 건물의 타설비와 함께 설치하였다. 급배기 설비는 약 120dB(A)의 소음이 지상으로 전달되지 않도록 하기 위하여 덕트의 입출구부에 소음기를 설치하였고 덕트도 방음형 2중구조로 하였다. 한편 시스템 운전을 위한 보조설비로서 연료가스, 급수, 운전용 전원 공급을 가능토록 함과 동시에 배가스 배출을 위한 덕트를 지하 2층에서부터 지상 8층 옥상까지 $\Phi 1000$ 의 2중 Stainless 관을 설치하였다. 특히 시스템의 방음 및 진동대책은 시스템 설치 시 가장 중요한 요소이기 때문에 이에 대한 충분한 기술적 검토를 하였고 열병합발전실 벽면은 방음벽(Glass Cloth)으로, 정문(Door)은 향후 Overhaul 시 가스터빈 본체 반출입을 고려하여 방음·방화 셔터로 하였다. 열병합발전실의 평면도는 아래의 그림 II-6와 같다.

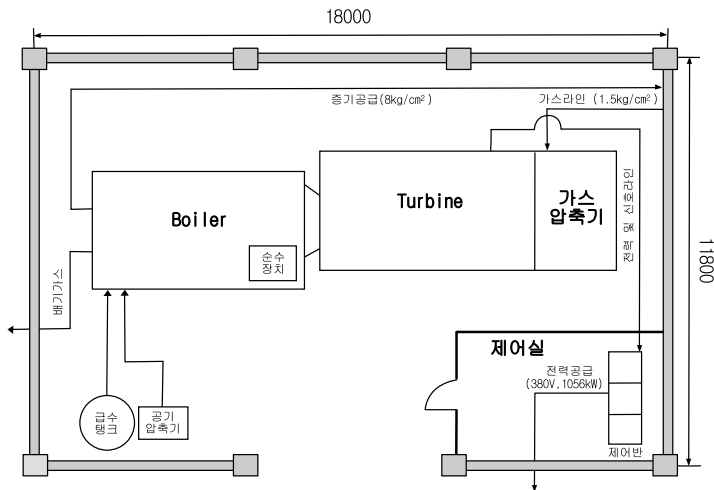


그림 II-6. 열병합발전 설치 평면도

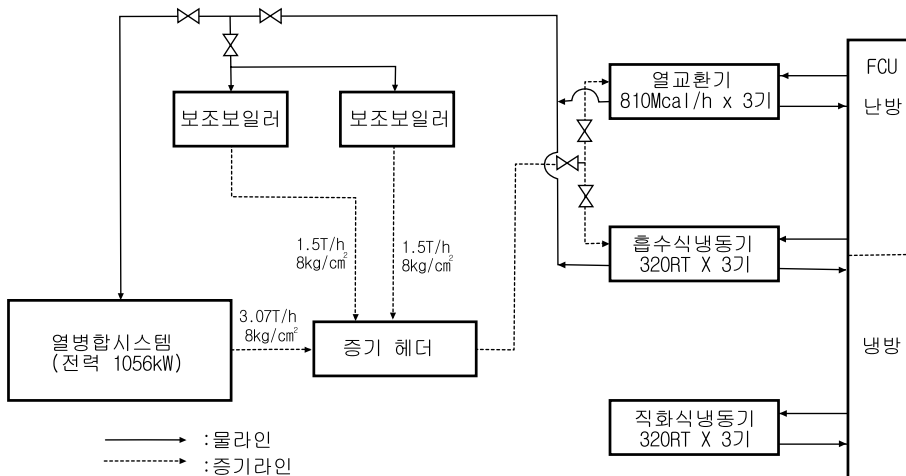
2) 설비개요

열병합발전 시스템을 효율적으로 이용하기 위해서는 생산되는 전력과 폐열을 회수하여 전력부하 및 난방 등 건물에 필요한 열을 최적으로 공급함으로써 에너지이용 및 설비이용 효율을 극대화시키는 시스템

템으로 구성하여야 한다. 또한 열병합발전 시스템이 고장, 수리 등으로 운전할 수 없을 때를 대비하여 전력 및 냉난방 열원을 공급할 수 있는 비상용 시스템의 설치가 필요한데 이는 건물필요부하의 최소용량과 최소비용으로 설치하여야 전체적인 경제성이 높게 된다.

표II-3. 냉·난방 설비개요

항 목	형식	수량(EA)	용 량	비 고
냉 동 기	직화식 흡수식 냉온수기	3	320RT	열원: 천연가스
	증기식 흡수식 냉동기	3	20RT	열원: 8kg/cm ² g, 증기
보 일 러	노통연관식	2	1.5Ton/h, 8kg/cm ² g	보조, 비상용
열교환기	Shell & Tube 형	3	810Mcal/h	난방용
기 타	냉각탑	7	열병합(2), 냉동기(2), 향온함습(2), 냉온수기(2)	
	Header	4	증기(2), 냉수(2)	
	공조기(AHU)	15		
	FCU	400		



그림II-7. 냉·난방 계통도

3) 전력계통

대상건물의 전력계통은 그림 II-8과 같이 외부전원으로부터 22.9KVA의 전력을 수전하여 1000kVA 2대, 500kVA 2대의 변압기를 통하여 380V의 전압을 생산하여 최종부하에 전력을 공급하도록 구성되어 있다. 이러한 전형적인 건물전력계통에 열병합발전 시스템에서 생산된 380V의 저압전력을 외부 전력 계통에 연계하기 위해서 한전의 병렬운전 조작합의서에 언급된 바에 따라서 병렬운전 영향평가를 실시한 후 외부전력계통에 영향이 없도록 설계하였으며, 특히 발전된 전력이 외부전력계통에 역송되지 않도록 역전력계전기(RPR)를 설치하였다.

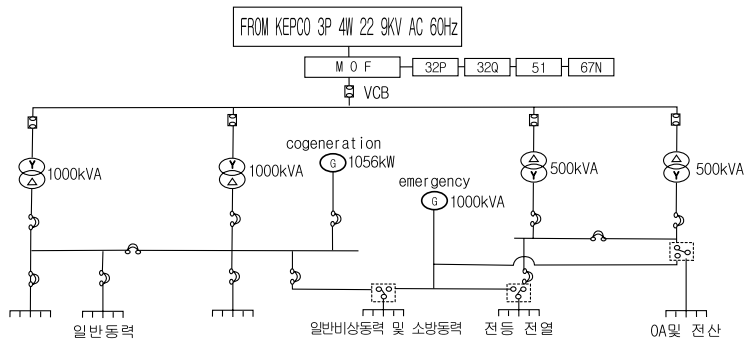


그림 II-8. 전력계통도

다. 가스엔진 열병합발전 시스템

가스엔진 열병합발전 시스템은 발전효율이 높고 신뢰성 및 안전성이 뛰어난 것으로 평가된다. 또한 엔진수명이 길고 유지보수가 쉬우면서 전력수요 3MW 이하에 적용 가능하다.

원동기인 가스엔진은 국외의 경우 선진국을 중심으로 차량용/산업용 가스엔진이 꾸준히 연구되었으며, 최근에는 중대형 디젤엔진을 개조한 Heavy Duty 가스엔진의 개발이 실용화되어 시장형성 단계에 있고 현재로서는 가솔린/디젤엔진 수준의 수요는 없으나, 그 청정연소특성에 기인한 수요가 계속 증가하고 있는 실정이다. 국내의 경우 가스엔진 기술은 도입수준으로서, 국제 수준에 비해 매우 빈약하지만 가스엔진의 많은 장점으로 인해 각 기관에서 연구진행중에 있다. 그러나 현재까지는 주요 성능 부품의 국산화 및 기술습득이 미진하며, 신뢰성 또한 충분치 않은 실정이다. 가스엔진 열병합발전 시스템은 가스터빈 경우와 마찬가지로 시스템 설치면적을 최대한 줄이기 위한 Compact화, 소음방지 및 조작의 간편성을 위하여 Package Type으로 개발되고 있으며 국내 관련중공업 업체 등에서 일부 개발사례가 있으나, 최근에는 국내에서도 가스엔진을 이용한 열병합발전기를 안산신병원, 신동아파트, 계룡대아파트, 평택삼성아파트 등 건물부분에 보급이 활발히 이루어지고 있다. 아래 표 II-4는 가스엔진 원동기의 특성을 정리한 것이다.

표 II-4. 가스엔진 원동기 특성

분 류	가스엔진 원동기
• 기본 사이클	Otto Cycle
• 연소방식	Spark 점화
• 발전단 효율(%)	26~40
• 종합 열효율(%)	70~90
• 엔진 가격	저가(가스터빈 비교)
• 보수비	약간 비싸다(가스터빈 비교)
• 소음(dB(A))	95~105
• NOx(ppm)	150 이하
• 열회수	엔진냉각수, 배기가스
• 열전비	약 1.5

시스템의 주요 구성은 가스엔진 본체와 전력에너지를 생산하는 발전기, 소음을 줄이기 위한 Enclosure, 시스템 조절을 위한 Controller, 배가스 및 엔진 냉각수로부터 열을 회수하기 위한 열교환기류 등이 있으며 냉난방을 위한 흡수식냉동기 등으로 구성된다. 열회수는 엔진 냉각수로부터는 온수를, 배가스로부터는 온수나 증기를 회수할 수 있다. 또한 엔진 냉각수로부터 열을 회수하여 생산한 온수를 배가스 열회수 열교환기로 공급하면 증기를 추가로 생산할 수 있어 온수대 증기 생산비를 조절할 수 있다.

가스엔진 열병합발전 시스템은 시스템의 용량과 종류에 관계없이 대부분 원동기, 발전기, 폐열회수장치, 방음장치, 제어장치, 열교환기 장치 등으로 구성되어 있다. 그림 II-9는 200kW급 가스엔진 열병합발전 시스템의 개요도로서 1차 연료인 천연가스를 연료로 하여 회전에너지로 변환시켜 주는 가스엔진, 회전에너지를 전력에너지로 변환시켜 주는 발전기, 소음차단을 위한 enclosure, 가스엔진의 엔진자켓 냉각수와 고온의 배가스 폐열을 회수하여 약 93℃의 온수를 생산해 주는 열교환기류 등으로 구성되어 있다.

1) 가스엔진 본체

가스엔진 본체는 패키지형 열병합발전 시스템에서 가장 핵심적인 부품이며, 연료인 천연가스를 연소시켜 회전에너지로 변환하여 발전기를 구동시키는 역할을 한다.

특히 열병합발전용 가스엔진은 연간 8000시간, 약 10년 이상의 신뢰성이 확보되어야 하는 첨단기술을 요하는 부품으로서 미) Caterpillar사의 3046SITA, 304BHP (226 kW) 엔진을 선정하여 적용하였으며 주요제원은 표 II-5와 같다

2) 요소부품 제원

표 II-5에서는 가스엔진 열병합발전 시스템에 적용된 요소부품의 주요설계 data 및 제원을 나타내고 있다. 가스엔진 이외의 거의 모든 요소부품 설계는 가스엔진에서 발생하는 회전력과 배기가스 상태를 기준으로 추진하였다. 즉 가스엔진의 회전력으로 발전기 용량을 선정하였고 엔진 배가스의 출력별 온도 및 유량특성을 기준으로 배기가스 열교환기를 설계하였으며 엔진 jacket 냉각수 용량을 기준으로 열교환기 용량을 설계하였다. 기타 중앙제어장치, 냉난방 열교환기류, 펌프류 등은 시스템 및 현장조건에 따라 적절하게 설계하였다.

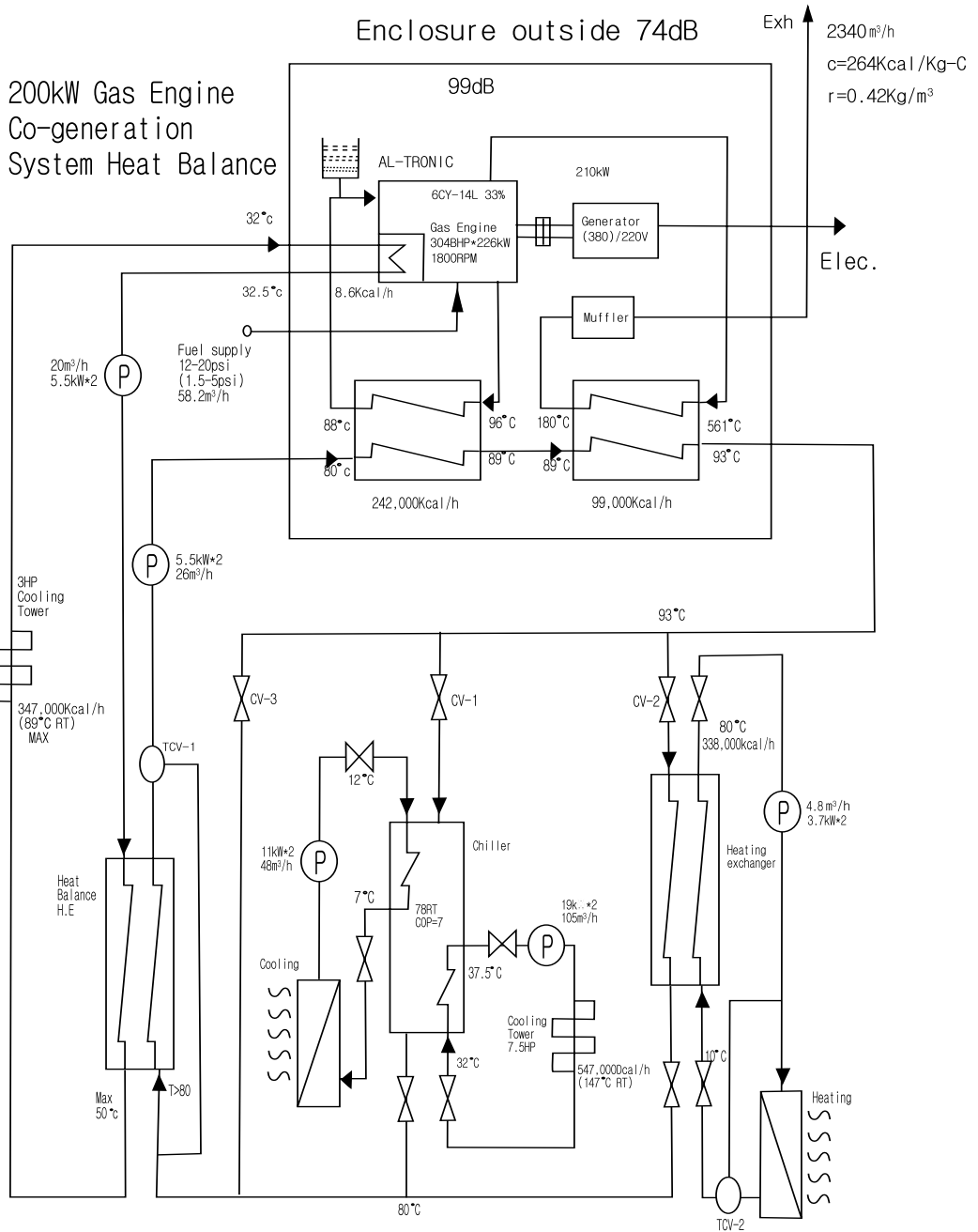


그림 II-9. 가스엔진 열병합발전 시스템의 Heat Balance

표 II-5. 시스템 사양

가 스 엔 진			
형 식	I형, 6실린더	bore×stroke	137×165
출 력	304BHP(226kW)	배기량	14liter
회 전 수	1800RPM	연료소모량	58.18Nm ³ /h
과급장치	turbo-charger	연료공급압력	1.5~5PSIG (0.099~0.352kg/cm ² g)
압 축 비	10 : 1	사용연료	천연가스(NG)
시동방식	전기식(DC24V)	배기가스온도	561℃
냉각방식	수냉식	외형(L×B×D)	1993×1432×1265

발 전 기			
용 량	210kW	상선수	3상4선
전 압	380/220V	효율	92%
극 수	4pole	절연등급	"F" class
회전수	1800RPM	전압 조정범위	±5%
주파수	60Hz	주파수 조정범위	±3%
역 룰	0.8 LAG	연결방식	flexible

저 온 수 흡 수 식 냉 동 기			
용 량	78RT	효율(COP)	0.7
온수 입·출구 온도	93 → 80℃	온수유량	26m ³ /h
냉수 출·입구 온도	8 → 13℃	냉수유량	47.5m ³ /h
냉각수 출·입구온도	37 → 31℃	냉각수유량	104m ³ /h
전 원	380V/60Hz	총 소비전류	7.4A
중 량	4.3ton	size(L×W×H)	263×149×218

엔진 Heat Balance용 열교환기			냉·난방용 열교환기		
Particular	Hot side	Cold side	Particular	Hot side	Cold side
Fluid	water	water	Fluid	water	water
Flow Rate(m ³ /h)	26	20	Flow Rate(m ³ /h)	26	4.8
Inlet Temp.(℃)	93	32.5	Inlet Temp.(℃)	93	10
Outlet Temp.(℃)	80	49.4	Outlet Temp.(℃)	80	80

3) 시스템 현장적용

가) 열병합발전 시스템 현장적용

200kW급 가스엔진 패키지 열병합발전 시스템은 가스전문 전시관 지하에 설치하여 실제 운전하여 대 상건물에 전력 및 냉난방 열원을 건물의 주 동력원과 병렬로 가동하며 동시에 전시용으로 활용할 수 있다

록 설치하였다. 대상건물은 대지면적 31,821㎡, 연면적 6,090㎡의 지상 2층, 지하 1층의 dorm 형 구조의 건물로서 시스템은 지하 1층 189.2㎡의 열병합발전실에 설치하였다. 그림 II-10은 열병합발전실 내에 시스템 본체를 비롯하여 주요 요소부품인 저온수 흡수식 냉동기, 제어판넬류, 펌프류, 열교환기류 등의 배치를 보여주고 있다.

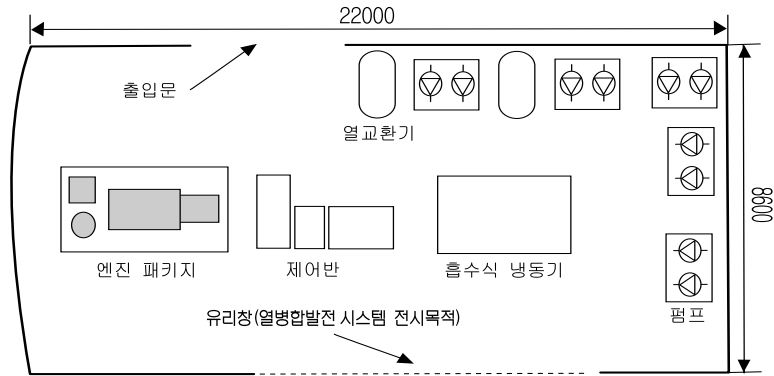


그림 II-10. 가스엔진 열병합발전실 개략도

나) 전력계통 설계

그림 II-11은 열병합발전 시스템에서 생산되는 전력계통과 건물측 전력계통과의 연계상태를 나타내고 있다. 시스템의 효율적 운영을 위해서는 한전의 전력계통과 병렬운전되는 형태가 바람직하나 본 시스템은 개발 당시 독립된 부하만을 담당하는 단독운전 시스템으로 개발하였기 때문에 현장 적용 시에도 단독운전 형태로 구성하였다. 그러므로 시스템의 정격출력은 200kW 정도이나 실제 운전은 150kW 이하로 건물의 일부 부하만을 담당하게 될 것이다.

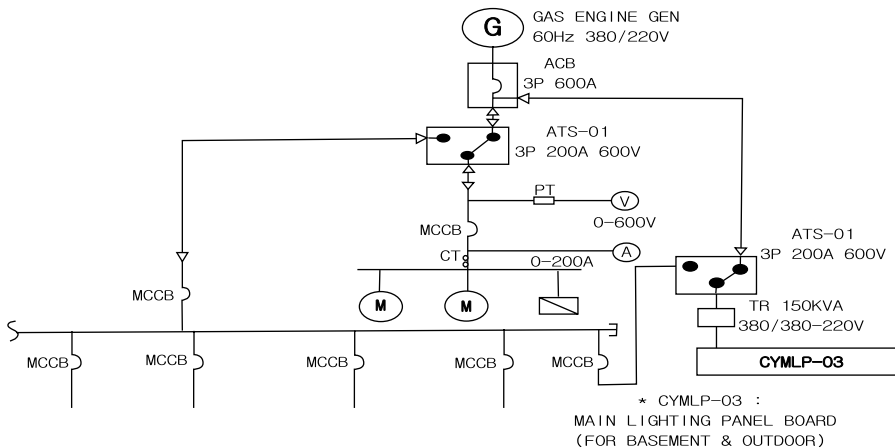
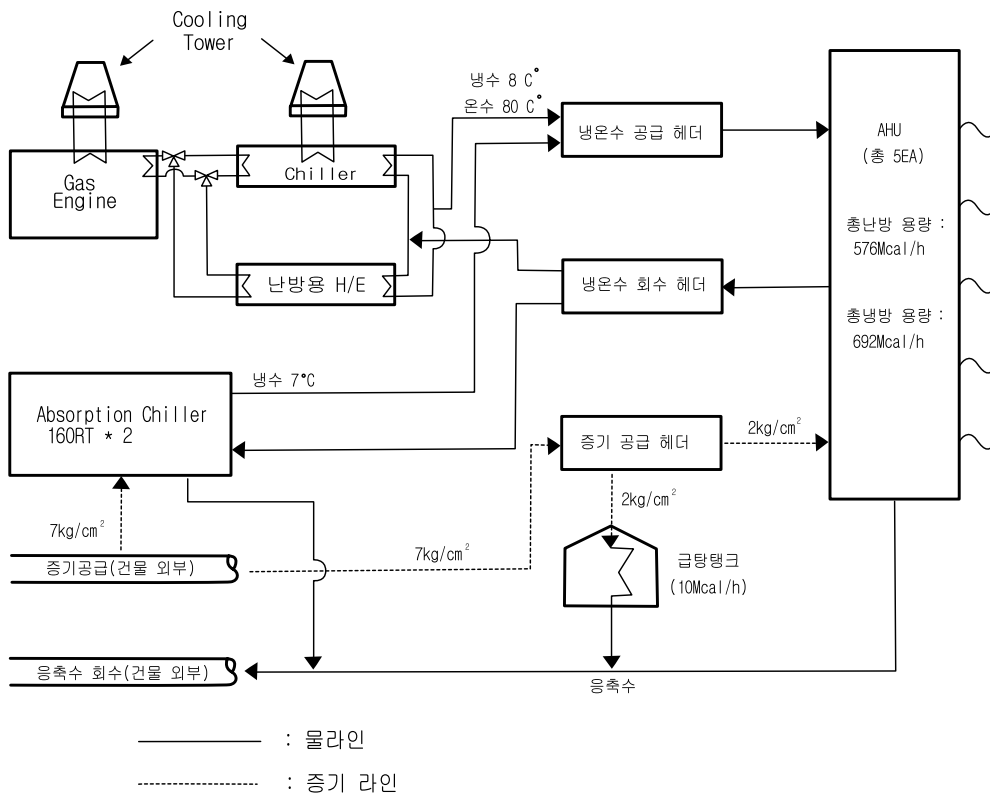


그림 II-11. 가스엔진 열병합발전 전력계통도

다) 냉난방계통 설계

본 시스템에서 엔진 jacket 냉각수와 배가스로부터 회수한 열량은 185kW 전력부하 시 약 93℃, 250,000kcal/h 정도의 온수로서 그림 II-12와 같이 건물측의 냉난방 계통과 병렬형태로 운전되도록 구성하였다.

특히 시스템의 잉여열량이 발생될 시에는 자체 유량조절밸브에 의하여 냉각탑으로 배출되도록 하여 자동조절이 가능토록 하였으며 하절기에는 생산된 온수를 저온수 흡수식 냉동기를 구동하여 약 7℃ 정도의 냉방용 냉수를 생산하여 건물측의 냉방계통에 공급하고 동절기에는 온수형태로 건물측 난방계통에 공급하도록 구성되어 있다.



그림II-12. 냉·난방 계통도