

小型 熱併合 發電의 妥當性 研究

(Ⅰ)

金 武 祚

코오롱엔지니어링 자동화사업본부 상무

제 1 장 서 론

에너지 소비가 매년 10%를 넘게 급격히 증가하고 있다.

더구나 에너지의 해외 의존도가 91.9%('91년 기준)로 에너지의 대부분이 해외에서 수입되고 있으며, '91년 기준 에너지 총 수입 금액이 122억 달러로 우리나라 총 수입금액의 14%를 차지하고 있는 반면 에너지 이용 효율은 40%에도 미치지 못하고 있다.

열병합 발전이란 한 에너지로부터 전력과 열을 동시에 얻을 수 있는 장치로 발전에 수반하여 발생하는 배열을 회수 이용하면 종래에 비하여 에너지 종합 효율을 약 2배 정도(80%)로 향상시킬 수 있다.

열병합 발전은 유럽에서는 1960년대에 보급되기 시작하였고 이웃 일본에서도 1970년대부터 보급되기 시작하였다가 다소 주춤하였으나 1980년초부터 정부의 강력한 에너지 절약 정책

에 힘입어 최근에는 이의 보급이 급격히 확산되고 있다.

우리나라에서도 1,2차 유류 파동후 에너지 절약 시책의 일환으로 일부 산업체에서 산업용 열병합 발전 설비가 보급되고 있으며 1980년대에 호텔, 백화점 등 건물용 소형 열병합 발전 설비가 극히 일부 설치된 바 있다. 그러나 유가가 안정되면서 에너지 절약 분위기도 점차 식으면서 전반적으로 열병합 발전 설비의 증가는 둔화되고 있다.

일본, 미국 등은 유가의 안정 후에도 열병합 발전 설비의 확대 보급을 위한 정부 차원의 전문위원회 구성, 관계 법령의 개정 등 활발한 지원을 한 결과 최근에는 열병합 발전 설비가 여러분야에서 급격히 증가하고 있다.

또한 에너지 다변화 정책의 일환인 LNG 보급 확대 방안에 따라 Gas 엔진을 이용한 열병합 발전을 추진함으로써 에너지 이용률 향상과 다변화 정책을 동시에 충족할 수 있다.

열병합 발전은 사용 목적에 따라 산업용과 민생용(비산업용)으로 구분되나 여기에서는 민생용으로 주로 사용되는 소형 열병합 발전에 대하여 고찰하고자 한다.

제 2 장 열병합 발전의 개요

1. 열병합 발전 개론

열병합발전(Co-Generation System:CGS)은 1종류의 1차 에너지로부터 2종류 이상의 2차 에너지를 동시에 발생시키는 것을 말하며 특히 엔진 또는 터빈을 구동하여 그 축동력으로 발전기, 송풍기, 펌프 등의 동력기계를 구동시키고 동시에 여기에서 발생하는 배열을 회수하여 유용하게 이용하기 때문에 종합 열이용률을 대폭 높일 수가 있다. 특히 일반 수용가에서 발전에 수반하여 회수되는 배기열을 냉난방 및 급탕에도 이용할 수 있기 때문에 도입시 그 효과가 매우 크다.

에너지 이용효율을 될 수 있는 대로 높이기 위하여 사용 장소의 전력수요와 열 수요에 맞는 적절한 열병합 발전 시스템을 선택하여야 한다. 전력수요에 비하여 열 수요가 현저히 적거나 시간별, 계절별로 수요의 변동이 많을 때는 열 수요의 개발이나 열저장 시설 등을 함께 고려하여 열병합 발전 시스템의 이용률을 높이기 위한 대책을 강구할 필요가 있다.

그리고 자동화 시스템의 발달로 인하여 열병합 발전 시스템의 운전은 거의 완전 무인화가 가능하며 유지 보수에 대한 대책을 함께 검토할 필요가 있다.

가. 열병합 발전의 역사

열병합 발전이란 새로운 기술이 아니고 오히

려 20세기초에 일반적으로 널리 보급되어 있었던 기술이다.

OTA(Office of Technology Assessment) 보고서에 의하면 1900년에 전미국 발전능력의 50% 이상은 공장내에 설치된 발전기에 의한 것이었는데 그 이유는 당시 전력공급망의 신뢰도에 문제가 있었고 전력단가도 고가였다는 점 등이다.

그후 대규모 화력 발전소가 등장하면서 이러한 문제가 해소되어 20세기 중반부터 각 공장에서의 열병합 발전이 감소하기 시작하였다. 그러던 중 석유회기를 하나의 계기로 유가가 오르면서 다시 열병합 발전이 주목을 받기 시작하였다.

현재 유가는 다시 안정이 되었으나, 일본, 미국 등지에서는 정부의 강력한 지원정책에 힘입어 열병합 발전의 설치가 꾸준히 증가하고 있다. 특히 '80년대 일본의 대도시를 중심으로 한 소형열병합 발전이 급격히 증가하여 250대('87년 기준) 이상이 운전되고 있으며 매년 설치대수가 급격히 증가하고 있다.

나. 열병합 발전의 특징

(1) 장 점

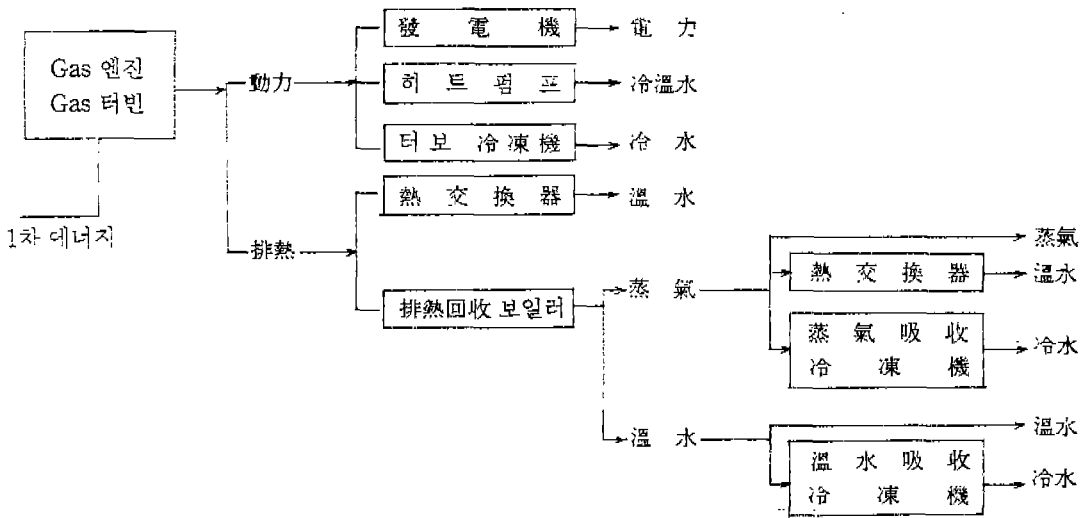
(가) 전기와 열에너지를 동시에 사용하므로 종합에너지 이용효율을 향상시킨다.

(나) 에너지를 분산시키므로 비상시에도 전력과 열의 안정적인 확보가 가능하다.

(다) 전력사용의 경우, 첨두부하시 사용하면 계약전력의 감소로 전기의 기본요금을 절약할 수 있다.

(라) 발전설비는 상용설비를 비상시에도 사용하므로 설비의 이용효율을 높일 수 있다.

(2) 단 점



〈그림 2-1〉 열의 다원적 이용

(가) 100kW 이상의 발전설비는 전담 전기 안전관리 기사를 두어야 한다.

(나) 120kW 이상의 발전설비는 환경보전법의 규제를 받는다.

(다) 시설이 복잡하여 유지보수에 전문기술을 요한다.

다. 열의 다원적 이용

열병합 발전은 1차 에너지로부터 전기, 동력, 온수, 증기, 냉수 등 여러가지의 에너지를 동시에 얻을 수 있는 열의 다원적 이용 시스템이다. 그 내용을 보면 그림 2-1과 같다.

라. 높은 효율의 System

종래 System과 열병합 발전에 대한 Heat Balance가 그림 2-2에 나타나 있다. 종래 System에서는 배열이 이용되지 않고 송전손실을 감안하면 에너지 이용효율은 약 35%에 지나지 않았다. 이에 비하면 열병합 발전은 On

Site System으로서 송전손실이 없을 뿐만 아니라 배열도 이용하므로 종합효율을 70~80% 까지 향상시킬 수 있다.

2. 열병합 발전의 분류

가. 열병합 발전의 분류


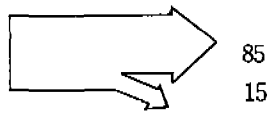
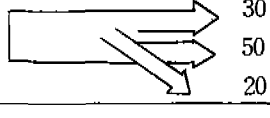
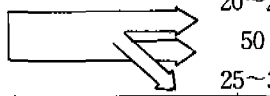
열병합 발전은 열원동기의 축동력과 배열을 이용하는 방법에 따라 System을 크게 다음의 3종류로 나눌 수 있다.

- (1) 발전 System
- (2) 히트 펌프 System
- (3) 동력 System

나. 열원동기의 분류

소형 열병합에 사용되는 원동기에는 다음 3가지가 주로 사용된다.

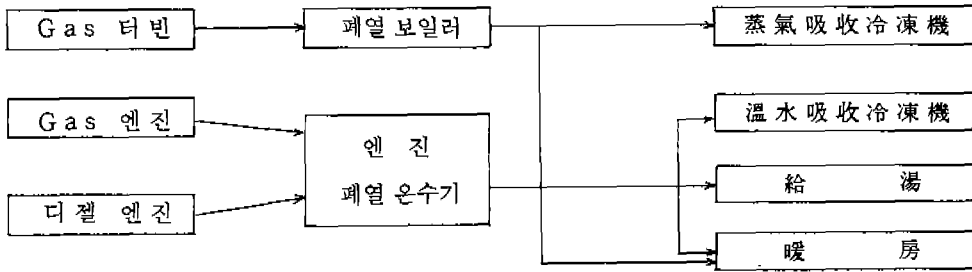
- (1) Gas 터빈
- (2) Gas 엔진

種別	Heat Balance		需要側熱電比 1.67 (熱 100, 電力 60)의 경우 1차 에너지 투입량	종래 System 을 100으로 할 때의 지수
종래 SYSTEM	發電所 100		171	100
	보일러 100		118 (計 289)	
열병합 발전	GAS 엔진 100		200	69
	GAS 터빈 100		229~257	79~85

<그림2-2> Heat Balance

<열병합 발전의 System>

구분	구성	내역
발전 System	발전+급탕, 냉난방	Gas 엔진 및 Gas 터빈으로 발전기를 구동하고 발전한 배열을 급탕, 냉난방 등에 이용하는 System이다. 가스터빈을 사용하는 System에서는 고온의 배열을 이용한 폐열 보일러를 사용하면 증기생산도 가능하다. 특징은 첨두부하 사용에 유효하다.
히트펌프 System	냉 난 방	Gas 엔진으로 히트펌프 콤프레서를 구동하며 냉난방을 하는 System이다. 배열을 이용하여 온수난방 또는 흡수식 냉동기로 냉방을 하면 냉난방의 능력과 효율이 향상된다.
	냉난방+급탕	Gas 엔진에 의한 히트펌프 냉난방과 배열로 온수를 만들어 급탕에 공급하는 System이다. 대량의 온수를 사용하는 호텔 사우나 등에 적합하다.
	온수 가열	Gas 엔진에 의한 히트펌프 System으로 온수를 만들고 배 Gas와 냉각수에서 열을 회수하여 온수 가열을 보조한다.
동력 System	동력+급탕 또는 동력+냉난방	Gas 엔진 또는 Gas 터빈을 펌프 또는 송풍기의 동력으로 사용하고 배열을 급탕이나 냉난방의 열원으로 이용하는 System이다.



<소형 열병합에 사용되는 원동기>

(3) 디젤 엔진

배열 회수시 증기가 필요한 경우는 Gas 터빈을 채택하고 온수를 사용하는 경우는 엔진을 사용하는 것이 일반적이다.

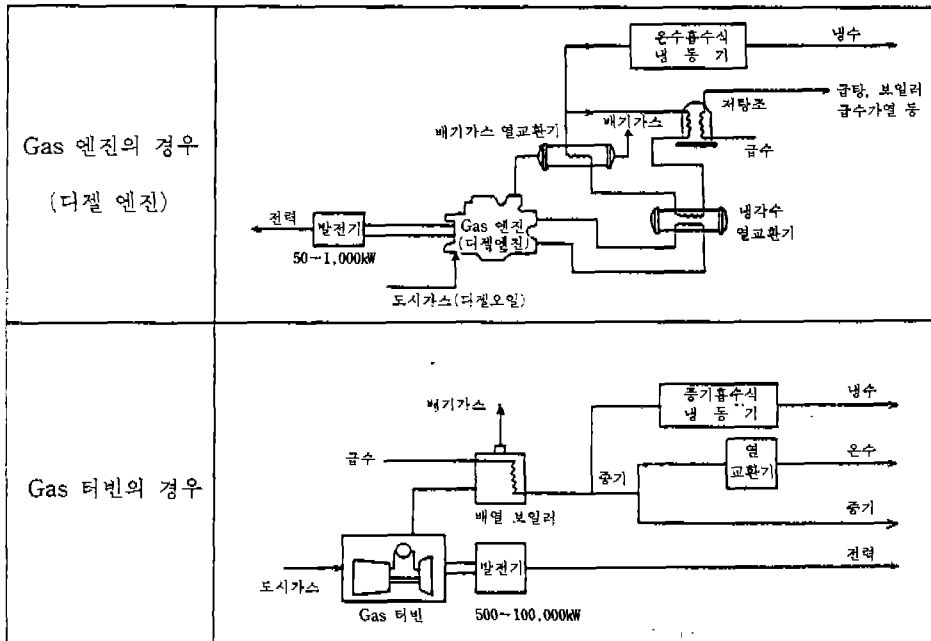
또 용량별로 보면 엔진은 비교적 중소규모(50-1000kW)에, Gas터빈은 중규모(500kW) 이상에 적합하다. 용량별 비교는 표 2-1을 참조하기 바란다.

열병합발전의 종류별 계통도는 아래와 같다.

<표 2-1> 용량별 열원동기 비교

구 분	Gas 엔진	Gas 터빈
規模(kW)	中小規模 50~1,000	中規模以上 500~100,000
發電效率(%)	20~35	20~25
總合效率(%)	約 80	約 80
排氣溫度(℃)	約 500 (排 Gas) 約 85~90(冷却水)	約 500(排 Gas)
排熱利用形態	溫 水	中 壓 蒸 氣

<열병합 발전의 종류별 계통도>



3. 열병합 발전 도입시 검토사항

열병합 발전 System을 도입할 시 중요한 검토사항은 아래와 같다.

- (1) 전력 및 열에 대한 Heat Balance 검토
- (2) 설비비 및 운전비 산정에 의한 경제성 검토
- (3) 설치장소, 설치면적 및 제어 방식
- (4) 환경 관계 범위

가. 전력 및 열에 대한 Heat Balance

열병합 발전은 배열을 어떻게 유용하게 이용하는가가 제일 중요한 문제이므로 열병합 발전에 대한 최적수요는 열부하가 크고 가동시간이 긴 경우가 좋다.

(1) 熱電比

사용되는 열과 전기와의 비율을 열전비라고

한다.

열병합 발전의 열전비는 아래와 같다.

System	열전비
Gas엔진 발전시스템	50/30=1.7
Gas터빈 발전시스템	50/20=2.5

발전효율 : 20~30%

열회수 효율 : 50%

건물 용도별 열전비를 표 2-2에 나타냈다.

이것을 보면 열병합 발전을 위한 최적 수요의 순위를 보면 ① 산업용 ② 병원 ③ 호텔 ④ 스포츠센터 ⑤ 음식점 그리고 점포복합빌딩, 사무소복합빌딩 순으로 나타나 있다. 그러나 열부하가 충분하지 않더라도 침두부하용 또는 비상전원의 확보 등이 주목적인 경우에는 열병합 발전을 설치할 수 있다.

나. 경제성 검토

경제적인 열병합 발전을 위한 계획은 어떻게

<표 2-2> 업무용 및 산업용 건물의 연간 평균 熱電比의 指標

業 務 用 建 物			產 業 用 建 物	
用 途	熱 電 比		用 途	熱 電 比
호 텔	1.5~2.5		化 學 工 業	3.1
病 院	2.5~3.0		펄 프 및 製 紙 業	4.4
事 務 所	0.4~0.9		織 維 工 業	2.3
百 貨 店	0.3~0.7		木 材 · 木 製 品 製 造 業	5.2
수 피 마 켓	0.1~0.5		고 무 製 品 製 造 業	2.4
事 務 所 복 합 빌 딩	0.3~1.4		家 具 裝 備 品 製 造 業	1.1
店 舖 복 합 빌 딩	0.4~1.5		鐵 鋼 業	0.8
飲 食 店	2.0~2.5		出 版 · 印 刷 關 連 產 業	0.3
스 포 츠 센 터	2.0~2.5		一 般 機 械 製 造 業	0.2
결 혼 식 장 · 연 회 장	1.7~1.8		非 鐵 金 屬 製 造 業	0.1

(註) 年間平均熱電比 = $\frac{\text{年間燃料消費量}}{\text{年間總電力消費量}}$ (860cal=1kWh)

백열을 유효하게 이용하는가가 중요한 점이 된다. 열병합 발전이 가지고 있는 열부하를 우선으로 하여 발전용량을 결정하는 것이 좋다. 통상 호텔, 병원 등은 건물의 전력용량의 30~40%를 열병합 발전으로 충당하고 배열을 충분히 회수(80% 정도)하는 것이 경제적인 System이 된다.

부하의 특성에 따라 전력수요에 맞추어 운전할 것인가 또는 열 수요에 맞추어 운전할 것인가.

가. 기저 부하용으로 할 것인가 또는 첨두부하저감(Peak Cut)용으로 할 것인가, 전력계통과 병렬 운전할 것인가 또는 단독 운전으로 하고 비상시에만 전력계통으로 부터 수전하는 방식으로 할 것인가 등 운전방식의 선택도 경제성에 중요한 영향을 주게 된다.

제 3 장 국내 열병합 발전 설비 현황

1. 열병합발전설비 현황

구 분	'59~'70	'71~'80	'81	'82	'83	'84	'85	'86	'87	'88	'89	'90	계
1 산업전자가용													
-업체수	6	16	1	3	1	2	1	2	4	7	4	4	51
-용량(MW)	67.7	169.2	13.7	24.6	11.5	9.1	28.1	29.1	87.1	107.4	164.1	74.8	786.4
2 건물자가용													
-업체수	-	-	-	1	-	-	1	1	1	2	-	-	6
-용량(MW)	-	-	-	0.9	-	-	2.1	2.5	6.3	37.4	-	-	49.2
3 동업단지													
-업체수	-	2	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1	4
-용량(MW)	-	95.0	-	-	-	-	-	-	38	-	-	56	189.0
4 지역난방													
-업체수	-								2				2
-용량(MW)	-								20				20
소 계													
-업체수	6	18	1	4	1	2	2	3	8	9	4	5	63
-용량(MW)	67.7	264.2	13.7	25.5	11.5	9.1	30.2	31.6	151.4	144.8	164.1	130.8	1044.6
누 계													
-업체수	6	24	25	29	30	32	34	37	45	54	58	63	
-용량(MW)	67.7	331.9	345.6	371.1	382.6	391.7	421.9	453.5	604.9	749.7	913.8	1044.6	

1) 상기자료는 남서울 DH는 업체수에 포함하였으나 용량 387.5MW는 제외함.

2) 폐기, 폐업체 제외(4개, 53.7MW)시에는 총 59개 업체 990.9MW임.

폐기, 폐업체('59 한국종합화학 22.5MW(충주), '60쌍용양회 8.0MW)

('64 한국종합화학 20.0MW(나주), '79태창목재 3.2MW)

3) '91년말 기준 설치업체 -유공(중설) : 29.75MW

-세 풍 제 지 : 12.0MW

-선일포도당 : 9.2 MW

-현대석유화학 : 59.2MW

☞ 다음 호에 계속