

# 발전용 가스터빈의 현황과 전망

최 열

## Prospect and Status of Power Plant Gas Turbine

Yeul Choi



● 최 열 (한전 정비기획실장)  
● 1936년생.  
● 열기관학을 전공하였으며, 특히 발전소 관련 열 원동기 전반에 관심이 있으며 터빈분야를 전문적으로 다루고 있다.

### 1. 머리말

열 에너지를 기계에너지로 변환하여 다시 전기에너지로 변환시켜 전기를 생산하는 발전설비로는 원자력발전, 석탄-석유 화력발전이 주종을 이루고 있으나 최근에는 원자력 안전과 폐기물 처리문제 및 화력발전의 엄격한 환경공해 규제의 제약 때문에 청전연료를 사용하는 가스터빈을 응용한 고효율 복합 발전설비가 점차 각광을 받기 시작하고 있다. 최근에 국내에서도 국책 연구과제로 고효율 가스터빈 연구개발이 진행되고 있고 가스터빈 제작에 대기업체의 참여와 관심이 증가되고 있는 것은 다행한 일이며 이러한 차제에 가스터빈 이해에 다소나마 도움이 되고자 그 현황과 전망에 대하여 살펴보고자 한다.

### 2. 환상의 원동기 가스터빈<sup>(1,2)</sup>

석탄을 연소하여 생긴 증기에너지로 동력을 얻을 수 없을까 하는 인간의 꿈은 18세기 초 영국에서 그 결실을 얻어 산업혁명이란

엄청난 결과를 가져왔다.

1712년에 영국의 Newcomen이 증기기관을 발명하게 되고 1769년에는 Watt가 복수기를 설치하고 왕복동기구를 크랭크 회전운동으로 개량하여 실용기관을 완성한 것은 원동기의 이정표로서 너무나 유명하다.

그러나 증기기관은 보일러와 왕복동기구 등 복잡한 장치가 필요한 결점이 있어 영국의 Barber는 직접 연소가스를 이용하여 동력을 얻을 수 있는 정압 연소방식의 가스터빈 원리를 고안하여 1791년에 특허를 얻어 과학자들이 꿈꾸던 환상의 원동기가 비로소 싹트기 시작하였다.

1824년 프랑스의 Cariot가 내연기관의 이론을 발표한 이후 19세기 말까지는 증기대신 가스나 연료유를 직접 연소시켜 동력을 얻는 내연기관의 개발과 실용화가 이루어졌으며 이는 Caroit, Otto, Diesel 등의 공학자의 공로가 컸다.

1900년에서 1904년 사이에 독일의 Stolze가 1872년에 특허를 취득한 바 있는 연소기가 별도로 설계된 다단축류 압축기와 다단반동 터빈으로 구성된 현재의 개방사이클과 비

스한 가스터빈을 제작하여 실험했으나 효율, 출력이 낮아 성공하지 못했으며 1905년에 독일의 Holzworth가 정적 연소방식의 가스터빈을 고안한 바 있고 이듬해인 1906년에는 스위스의 부시(alfred buchi)가 디젤기관의 고온배기를 이용한 과급기(super charger)로 출력과 효율을 향상시키는데 성공하였으며 오늘날 중대형 내연기관에는 과급기가 필수적인 장치가 되었다.

이와 같이 1900년대 초에 가스터빈의 개발이 활발히 이루어졌으나 당시의 기술적 장벽에 부딪쳐 실용화에는 한계가 있었다.

그러나 연구개발은 꾸준히 진행되어 1938년에는 브라운 보배리사의 기술진에 의하여 4.3Bar, 540°C 4천kW 용량의 가스터빈을 제작하여 스위스 박람회에도 전시하였으며 후에 발전용으로 사용하였다.

영국에서도 1941년 세계 최초로 가스터빈 기관차가 완성되었으며 2차대전 후인 1947년도에는 가스터빈 추진군함이 1951년에는 가스터빈 탱커선이 세계 처음으로 취항하였고 1950년에는 Rover사에 의하여 최초로 가스터빈 엔진을 자동차에 탑재하여 시운전하였다.

항공기 추진용 가스터빈은 영국의 짧은 시험조종사 Whittle이 터보 제트 추진특허를 취득하여 Power Jet사에서 터보제트 엔진을 제작하여 1937년에 최초로 운전 성공하고 1941년에 항공기에 탑재하여 처녀비행을 성공시켰다.

독일에서도 1939년 제트엔진 항공기가 세계 처음으로 비행에 성공하였으며 미국에서는 1942 G.E사가 영국의 설계로 제트엔진을 제작하여 미국 최초로 제트추진 비행에 성공하였다.

일본은 서구에서 기술을 배워 1944년 어뢰 정용으로 가스터빈 제작을 시도했으나 패전으로 완성치 못하였다. 제트엔진은 독일주재 무관 2명이 이에 관한 자료와 지식을 고국에 전하기로 하고 떠났으나 1명은 전사하고 1명

이 가지고 간 도면 1장이 무사히 일본에 도착하여 이를 근거로 한 연구 끝에 제작에 성공하여 종전 직전에 12분 간의 시험비행에 성공한 바 있다.

이와 같이 각국에서는 2차대전 중에도 항공기용 제트엔진 개발에 심혈을 기울인 결과 종전과 더불어 프로펠러식 내연기관 추진 항공기시대는 서서히 물러가고 제트엔진 추진 항공기시대의 서막이 오르기 시작하였다.

### 3. 발전용 가스터빈의 현황

#### 3.1 우리나라 가스터빈 현황

##### (1) 가스터빈 발전기

출력 1000kW 내외의 소형 가스터빈 비상발전기가 정전시 비상전원이 필요한 병원, 은행, 국가기관, 전산실, 위탁시설 등에 설치되어 있으며 현황은 표 1과 같고 대부분 일본의 가와사키 중공업제이다. 도심지에서는 도시가스 이용과 공해규제 및 가스터빈의 장점 때문에 디젤엔진 비상발전기보다 가스터빈 비상발전기의 설치가 증가될 추세에 있다. 한국전력에서 발전용으로 도입한 가스터빈은 60년대 말 전력부족에 따른 비상전력 수급의 일환으로 울산에 시설용량 15만kW (10대×15,000kW)의 가스터빈 발전기를 설치하여 운영하였으며 현재 2대는 부평발전소에 이설, 비상 발전기로 이용하고 나머지 8대는 폐기되었다.

이 가스터빈은 B.B.C 설계로 연소기가 1개인 단순 개방 사이클이며 1대는 B.B.C제이고 나머지 9대는 도시바(東芝)에서 복사제작한 것이다.

##### (2) 열병합발전 설비현황

우리나라 열병합발전은, 그 역사가 짧아서 80년대부터 도입하여, 설치되었으며 경제개발과 더불어 산업체에서 전기와 공정열이 동시에 필요하고 또한 정부의 에너지이용 합리화 정책에 따라 지원제도가 있고 또한 잉여전력은 한전에 구매되는 등 유리한 조건으로

표 1 소형가스터빈 국내 설치 현황<sup>(3)</sup>

설치장소	연도	모델	용량(kW)	대수
동대문종합시장	1982	LPU200	160	1
국민은행	1983	PU2000	1,600	1
한강성심병원	1984	PU500S	400	1
금성사 VTR 공장	1984	PU1500	1,200	1
춘천성심병원	1984	PU500S	400	1
력키금성안양통합연구소	1984	PU750	600	1
삼강빌딩	1984	PU250	180	1
인천시청	1984	PU750	600	1
용평스키장	1984	PU1500	1,200	1
서울신택은행	1985	PU2000	1,600	1
부산사직운동장	1985	PU1250	1,000	2
경북대부속병원	1985	PU1500	1,200	1
경희대부속의료원	1985		1,200	1
여의도성모병원	1985		600	1
한일은행	1985		1,200	1
내무부	1985		1,200	2
치안본부	1986	PU1500	1,200	2
여의도성모병원	1986	PU1250	1,000	1
강동성심병원	1986	PU1250	1,000	1
제주도로알마린파크	1986	PU750	600	1
경희대부속의료원	1986	PU750	600	1
아남산업	1987	PU750	600	1
한국전기통신공사	1989	MGP500S	400	4
국립경찰병원	1989	PU500S	400	1
충북은행	1989		600	1
경기은행	1989		500	1
아시아나항공	1989	PU750	600	1
경기은행	1989		1,000	1
삼성생명	1990		2,000	2
한강성심병원	1991	PU500S	400	1
국립경찰병원	1991	PU500S	400	1

현재 50개소에 총설비용량은 약 90만kW나 되며 이중 가스터빈 열병합은 일부분으로 표 2와 같으며 나머지는 대부분 증기터빈 열병합발전이다.

또한 현재 한전에서 건설하고 있는 분당, 안양, 일산, 부천 신도시의 난방용 열과 전기를 동시에 공급할 수 있는 가스터빈 열병

합발전소가 건설되어 '92년 하계 첨두 전력 공급의 일익을 담당하였다. 이는 배압식으로서 필요에 따라 가스터빈만 발전기로 사용할 수 있고, 전기와 열을 공급하는 열병합발전으로, 발전만 할 수 있는 복합발전으로도 운영할 수 있으며 현황은 표 3과 같다.

(3) 가스터빈 복합발전 설비현황

표 2 가스터빈을 이용한 열병합 자가발전 현황

업 체 명	Maker	용량(kW)	비 고
호남정유	GE	25,980×1	
(주)럭키	GE	25,350×1	페가스 보유열 이용
유 공	루바피니온(이) 터보테크니칼(이)	25,000×1	
포항제철	미쓰이	3,700×1	페가스 보유열 이용
	미쓰이	6,500×1	"
	가와사키	11,700×2	"
광양제철	미쓰이	14,300×3	"

표 3 신도시에 건설중인 가스터빈 열병합 설비현황

P/P명	G/T			Steam Turbine			시설용량 (만 kW)
	Maker	용 량	入口온도 (Gas)	Maker	용 량	Stm Pr kg cm <sup>2</sup> /°C	
분 당	ABB	79.4MW×5 =397MW	1027°C	ABB	201.55MW ×1	60.3/490°C	59.8
안 양	ABB	79.4MW×4 =317.6MW	1027°C	ABB	160.8MW ×1	상 동	47.8
일 산	W.H	105.23MW ×4=420.92 MW	1118°C	W.H	208.50MW	75/503°C	63.0
부 천	W.H	105.23MW ×3 =315.69 MW	1118°C	W.H	157.4MW	상 동	47.3

가스터빈 복합발전 설비는 한전에서 전력 공급용으로 도입되었으며 민간업체에서는 없는 것으로 알고 있다. 복합발전 기술은 60년대에 미국에서 정립되었으며 1973년 1차 석유파동에 따른 에너지 합리적 이용이 제창되면서 이설비가 세계적으로 각광을 받게 되었다.

우리나라도 70년대 말 비상전력 수급의 일환으로 경유를 연료로 한 복합발전 설비가 영월, 군산, 울산에 각각 30만kW, 총 90만

kW 시설이 건설되어 전력공급에 일익을 담당하였다.

영월, 군산, 복합발전 설비는 미국 GE사의 STAG 시리즈로 가스터빈 4대에 기력터빈 1대로 조합되어 있다. 울산복합은 미국 UTI사의 항공기 엔진을 이용한 복합화력으로 되어 있는 것이 특징이다.

현재 가동중인 서인천 가스터빈은 대단위 용량이고 가스온도 1260°C의 고효율 최신형이며 저 NOx 버너를 구비하고 있다.

표 4 한전 가스터빈 복합발전 설비현황

발전소	용량MW	가동년	제작자	가스터빈	HRS	발전기	연료
영월복합	300	1978	G.E	GT 50MW×4대 ST100MW×1대	2대	GT : 4대 ST : 1대	경유
군산복합	300	1978	G.E	GT 50MW×4대 ST100MW×1대	2대	GT : 4대 ST : 1대	경유
울산복합	300	1978	U.T.I	GT 25MW×4대 ST100MW×1대	2대	GT : 4대 ST : 1대	경유
서인천복합	1880	1992	G.E	GT155MW×4대 ST 80MW×4대	4대	GT : 4대 ST : 4대	LNG (경유)
		1993	G.E	GT155MW×4대 ST 80MW×4대	4대	GT : 4대 ST : 4대	LNG (경유)
평택복합	350	1993	G.E	GT 55MW×4대 ST130MW×1대	2대	GT : 4대 ST : 1대	LNG

표 5 일본 가스터빈 복합 설비현황(50만kW 이상)<sup>(4)</sup>

설치장소	제작사	준공	설비용량(만kW)	연료
동북전력	미쓰비시	1984	109	LNG
동경전력 부진1	G.E/도시바	1986	100	LNG
	G.E/히다치	1988	100	LNG
중부전력 사일시	G.E/도시바	1988	56	LNG
중부전력 유정	히다치	1990	70	LNG
구주전력 신대분	히다치	1991	69	LNG

한전의 가스터빈 복합발전 설비현황은 표 4와 같다.

### 3.2 외국의 가스터빈 현황

#### (1) 일본

1944년 어뢰정용으로 이시가와시마(石川島), 미쓰부시(三菱), 히다치(日立)가 공동으로 가스터빈을 제작하다가 종전을 맞아 완성치 못했다는데 이것이 일본 가스터빈 제작의 시초이다. 소형 비상 발전용 가스터빈의 경우 가와사키 중공업에서 180kW~2500kW 범위의 14개 모델이 생산되고 안마 디젤이 320kW~1800kW 용량을 개발, 생산하고 미스이, 다이하스 디젤, 니가다 디젤, 이시가

와지마, 고베스틸이 가스터빈을 생산하고 있으며 미쓰비시는 W.H와 히다치, 도시바는 G.E사와 기술 제휴, 대용량 발전용 가스터빈을 제작 판매하고 있으며 50만kW 이상 용량의 복합발전 설비 현황은 표 5와 같다.

일본이 가스터빈 분야에서 관심을 끌게 하는 것은 정부차원의 통산성이 주관하는 Moon Light Project의 일환으로 고효율 가스터빈을 개발하는 사업인데 이 계획에는 국가 연구기관, 제작업체, 전력회사들이 참여하여 출력 10만kW, 복합효율이 가스온도 1300°C 시 55%를 목표로 시험 개발되고 있다.

또 하나의 계획은 ACT 90(Advanced Co-

표 6 GE STAG 복합설비 공급현황<sup>(6)</sup>

(단위 : MW)

국 가	회 사 명	S/T대수	S/T대수	총용량	상업발전
USA	Wolverine Electric	* 1	1	21	1968
USA	City of Ottawa	* 1	1	11	1969
USA	City of Clarksdale	* 1	1	21	1972
USA	City of Hutchinson	* 1	1	11	1972
USA	Duqosne P & L	3	1	330	1974
USA	Houston Kight	8	2	574	1974
USA	Salt River Project	* 4	4	290	1974
USA	Ohio Edsion	2	1	225	1974
USA	Jersey Central	4	1	340	1974
USA	Arizona Public Service	* 3	3	250	1976
USA	Lowa Ilinols G & E Co.	4	1	105	1977
USA	Puerto Rico EPA	8	2	606	1977
USA	Western Farmers	3	3	278	1977
USA	Portland G & E	6	1	550	1977
Korea	Korea Electric	8	2	640	1979
USA	MMWEC	3	1	360	1983
Taiwan	Taiwan Power Company	6	2	570	1983
Mexico	CFF Mexico	4	1	375	1984
Argentina	EMSA	2	1	65	1984
USA	SCE Cool Water IGCC	1	1	120	1984
Trinidad	Trinidad & Tobago	2	1	198	1985
Japan	TEPCO-Group 1	* 7	7	1,155	1986
Japan	TEPCO-Group 2	* 7	7	1,155	1988
China	MPI Lama Dien 11	* 1	1	50	1986
Pakistan	WAPDA	4	2	623	1986
Japan	Chubu Electric Pwr. Co.	* 5	5	577	1988
USA	Fayetteville	6	1	189	1988
Egypt	Egyetteville	8	2	300	1988
USA	Ocean State Power	4	2	480	1990
USA	Virginia Power	2	2	420	1990/92
Thailand	EGAT	10	5	1,760	1990/93
Japan	TEPCO-ACC	* 8	8	2,800	1995
Korea	KEPCO	8	8	1,886	1992
USA	TECO Power System	2	1	250	1992

\*는 Single Shaft

generation Technology) 계획인데 이는 1987년 일본도시에 열 및 전기에너지 수요

를 충족할 수 있는 가스엔진·가스터빈을 원동기로 하는 열병합발전 시스템을 개발하기

위한 연구조합이 구성되어 5년간 개발 계획으로 되어 있다. 연구조합은 3개 전력회사, 3개 가스회사, 소형 고효율 가스터빈 제작사, 전기 및 냉난방분야 업체가 참여하고 있으며 설비의 효율향상, 콤팩트화, 저공해, 패키이지화를 기술목표로 하고 있다.

(2) 미국 및 유럽지역

미국에서 발전설비에 설치된 최초의 가스터빈은 급수가열 복합사이클에 적용한 것인데 G.E제 3500kW 가스터빈의 배기열로 기존의 3만 5천kW 용량의 오크라호마 가스전력사의 Belle Isle 발전소<sup>(5)</sup> 급수를 가열한 것이 1949년의 일이며 이 가스터빈은 1982년 미국기계학회가 역사적 이정표로서 최초의 가스터빈으로 지정하고 사용 후 회수하여 제작사인 G.E에 유물로 전시하도록 하였다.

1950년과 1960년대에는 기존의 화력발전소와 조합한 복합사이클로 가스터빈이 사용되었으나 1970년대에 와서 가스터빈 단위용량이 5만kW 이상이 되면서 폐열보일러식 증기터빈 복합발전 설비가 급속도로 증가하였으며 특히 G.E에서는 STAG란 상표로 표 6과 같이 세계 각국에 판매하였다.

미국에는 대용량 가스터빈 제작사인 G.E와 W.H를 비롯하여 소용량 가스터빈을 제작하는 회사가 많이 있다.

유럽의 가스터빈 제작은 스위스의 A.B.B., 프랑스의 Alsthom을 비롯하여 독일의 MAN, Siemens 영국의 Ruston, Rolls Royce 등 많은 중소 제작사가 있다.

4. 가스터빈 응용기술

항공분야에서는 가스터빈 축동력을 모두 추력으로 전환하여 비행추진력을 얻는 제트엔진으로 응용되어 지금은 항공기 엔진의 왕자를 차지하고 있다. 그러나 지상에서는 가스터빈 단독으로는 특수분야를 제외하고는 다른 원동기와 경쟁력이 약하나 여러가지 사이클과 조합하는 응용기술의 개발로 다시 각

광을 받게 되었다.

가스터빈은 고온역(1200°C) 기관이기 때문에 중온역(中溫域: 500°C) 기관인 증기터빈과 저온역인 공정열(200°C)과 적절히 조합하여 사이클을 구성하면 종합 열효율을 높일 수 있으며 현재 실용화되어 있는 대표적인 응용기술은 열병합발전 방식과 복합발전 방식이 있다.

고온, 고효율 가스터빈의 개발목적은 고온역을 높임으로써 조합 사이클의 종합 열효율을 향상시키기 위한 노력의 일환이다.

4.1 가스터빈 열병합발전

열병합발전(cogeneration)이란 전기를 생산하고 동시에 증기 또는 온수의 형태로 열을 생산하여 수요처에 공급하는 발전형태를 말한다.

가스터빈의 경우 고온의 배기가스 열을 이용한 배열회수 보일러에서 증기를 생산하여 공정열로 사용하거나 열교환기를 이용하여 온수를 만들어 큰 건물이나 지역 냉난방에 이용하게 된다. 우리나라도 신도시, 아파트 지역에서는 공해 환경문제로 LNG를 이용한 가스터빈식 열병합발전소가 건설되어 운영되고 있다.

열병합발전이란 명칭은 일본에서는 열병합발전(熱併合發電)이라 하고 영국에서는 Combined Thermal Electric Station이라 부른다. 독일에서는 Heizkraft Werk, 열병합발전이 가장 많이 보급된 구 소련에서는 TAU라 쓰는데 T는 열을 의미하고 A는 동력을 나타내고 U는 센터를 의미한다. 중국에서는 열전장(熱電廠)이라 쓴다.

(1) 개방 사이클 가스터빈 열병합발전

개방 사이클 가스터빈에서 일을 하고 나가는 배기가스의 온도는 약 400°C ~ 500°C의 고온이므로 배열 보일러의 열원으로 이용하여 증기를 발생시키거나 고온의 온수를 얻어 열공급을 하게 된다. 가스터빈에서 나온 배기열의 이용방식에 따라서 여러가지 형식으로

구분된다. 소형 가스터빈 열병합에서는 배열회수보일러 또는 열교환기에서 증기 또는 온수로 열을 회수하는 형식이 있고 대용량 가스터빈 열병합에서는 폐열회수보일러(HRSG)에서 발생된 고온고압의 증기를 증기터빈에서 2차로 전기를 생산하고 나온 증기를 공정열 또는 난방열로 사용한다. 여기서 증기의 인출방법에 따라서 배압터빈식 추기배압식, 추기복수식 등이 있으며 열의 수요여건에 따라서 가장 경제적이고 이용률이 높은 방식을 선정하게 된다.

(2) 밀폐 사이클 가스터빈 열병합발전

밀폐 사이클 가스터빈은 작동유체로서 공기, 탄산가스, 질소, 헬륨을 사용하며 밀폐계통 내에 봉입해서 압축, 가열, 팽창 및 냉각과정을 사이클로 반복하게 된다.

밀폐식 사이클 가스터빈은 약 30% 전후의 열효율을 얻을 수 있으므로 중소형 증기터빈보다는 효율이 좋은 편이다. 밀폐식은 개방사이클과 틀려서 사용 연료에 제한을 받지 않는 이점이 있으며, 또 부분부하 운전은 가스온도의 변화 없이 단지 사이클의 압력 레벨을 변동시킴으로써 이루어지므로 그 열효율은 발전기 출력 30~100% 사이에 거의 일정한 장점이 있다. 실용기로서는 보급되지 않고 있다.

4.2 가스터빈 복합발전<sup>(7)</sup>

가스터빈 복합발전 사이클은 부래이톤 사이클과 랭킹 사이클을 조합한 것으로 발전 전용 사이클이다. 가스터빈 및 증기복합방식에 대해서는, 가스터빈과 증기터빈의 대수나 배열에 의한 조합에 따라서 여러 종류로 분류된다. 가스터빈의 주체 사이클로서는 배열회수 사이클과 배기조연(排氣助燃) 사이클이 있고 증기터빈 주체의 사이클로서 배기재연(排氣再燃) 사이클, 과급 보일러 사이클과 급수가열 사이클이 있다.

(1) 배열회수 사이클(排熱回收 Cycle)

그림 1은 배열회수 사이클의 개념도를 표

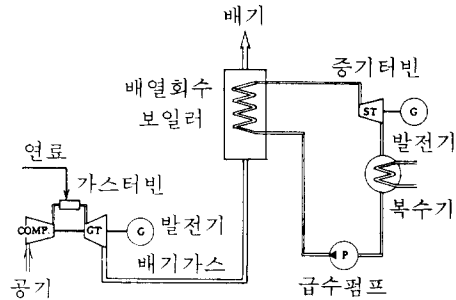


그림 1 배수회수방식 복합사이클

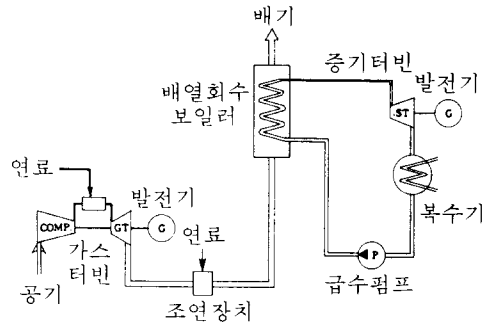


그림 2 배기조연방식 복합사이클

시한다. 이 사이클은 가스터빈의 배기가스를 배열회수 보일러에 도입하여 그 열회수에 의해서 증기를 발생시켜 증기터빈을 구동하는 방식이고, 복합발전 사이클 중에서 가장 대표적인 사이클이다. 현재 우리나라가 도입한 LNG 복합플랜트는 이 사이클이며 그 특징은 다음과 같다.

- 1) 가스터빈의 출력비가 크다.
- 2) 가스터빈이 고온화될수록 열효율 상승 비율이 크다.
- 3) 기동시간이 짧다.
- 4) 증기터빈의 단독운전은 불가능하다.
- 5) 플랜트 출력에 비해 온배수량이 적다.
- 6) 기설플랜트의 재건설(repowering)에도 적당하다.

(2) 배기조연 사이클

이 사이클은 그림 2와 같이 가스터빈 배기가스가 배열회수 보일러로 가는 연도내에서



조연(助燃)을 행함으로써 증기조건을 향상시켜 증기터빈 출력을 증가시키는 방식이며 1970년대 초 미국에서 적용한 예가 있다. 특징은 증기터빈의 단독운전은 불가능하며 기설 설비의 재건설(repowering)에는 적당하다.

(3) 배기재연 사이클

이 사이클은 그림 3과 같이 가스터빈의 배기가스를 보일러 연소용 공기로 이용하고 배열에너지를 회수하는 것과 더불어 가스중의 잔존산소를 이용하여 재연소시켜 보일러 출력을 증가시키는 방식이며 1950년대와 1960년대에 미국을 비롯하여 유럽, 일본에서 채용한 실적이 있으며 1968년 일본의 최초 복합발전은 바로 이 배기재연 사이클이었다. 특징은 증기터빈 단독운전이 가능하다.

(4) 과급보일러 사이클

그림 4의 과급보일러 사이클은 가스터빈의 압축기에서 나온 압축공기를 보일러에 공급하여 가압 연소하고 연소된 고온가스를 다시 가스터빈으로 보내어 동력으로 이용하고 배기가스는 증기 사이클의 급수가열기에서 급수를 가열하고 대기로 방출된다. 복합 사이클중 열효율은 가장 우수하나 보일러 내압구조가 필요하며 운전 제어계가 복잡하여 현재는 거의 사용하지 않는다.

(5) 급수가열 사이클

이 사이클은 가스터빈 배기가스로 증기터빈 플랜트의 급수를 가열하는 방식이다.

이 사이클의 특징은 보일러에 사용하는 연료는 가스터빈과 무관하여 선정되고 증기터빈의 단독운전이 가능하다.

이상의 각 방식은 각각 특징이 있고 플랜트의 출력, 연료의 종류, 운전조건 입지환경 등을 고려하여 적당한 방식을 선정해야 하며 현재는 배열회수 사이클과 배기재연 사이클이 가장 많이 채용되고 있다.

4.3 가스터빈 복합사이클의 구성 응용기술  
가스터빈 단위 용량은 현재 최대 15만kW

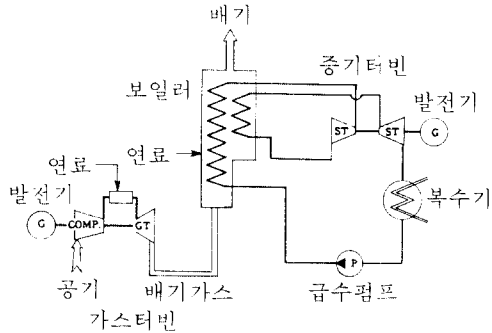


그림 3 배기재연방식 복합사이클

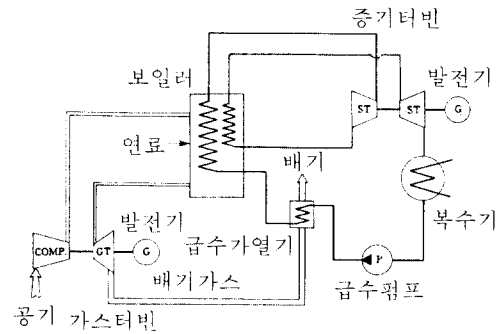


그림 4 과급보일러방식 복합사이클

정도로서 100만kW 내지 200만kW 발전소의 용량으로 하려면 여러 대수의 가스터빈과 증기터빈을 조합하여 구성하게 된다.

조합방법으로는 가스터빈 1대와 증기터빈 1대를 동일축에 설치한 일축형(一軸型)과 한대 또는 여러 대의 가스터빈과 증기터빈을 조합한 다축형(多軸型)이 있으며 이용목적, 운용방법, 설치조건 등을 고려하여 구성형식을 선정하게 된다.

일축형의 대표적인 플랜트는 동경전력의 부진복합이며 우리나라는 다축형으로 가스터빈 1대와 증기터빈 1대를 조합한 서인천 복합 8기 200만kW와 가스터빈 수대와 증기터빈 1대를 조합한 군산, 영월, 울산 복합 및 신도시 열병합발전 설비가 있다.

## 5. 가스터빈의 전망

### 5.1 기술적 측면에서 본 전망

앞으로 가스터빈의 기술적 과제는 연소가의 고온화에 의한 열효율 향상과 가스터빈의 효율이 낮은 점을 보완한 열병합과 복합발전 방식의 최적기술로 총체적 에너지 이용면에서 연구개발이 진행되어야 할 것으로 본다.

가스터빈의 고온부인 연소실과 터빈의 동익, 정익재료로 초내열합금과 세라믹 개발이 추진되고 있으며 내열재료의 한계를 극복하기 위한 터빈 동익, 정익의 공기냉각 기술의 향상과 더불어 1650°C를 목표로 한 물냉각 기술의 연구개발이 진행되고 있다. 현재의 1300°C 급이 이미 실용화되었고 앞으로 1500°C 급의 고효율 가스터빈에 도전하고 있다. 가스터빈의 연료 다양화를 위하여 중유, 원유 연소를 위한 터빈날개의 고온내식성 재료의 개발과 내열 내마모성재로 날개의 모재에 표면코팅하여 고온차폐 및 내식성을 향상하는 기술이 이미 실용기에 적용되고 있고 앞으로 이 방면에 기술이 더욱 연구 개발되어 연소가스 고온화에 일익을 담당할 전망이다.

환경기술면에서 연소시 발생하는 NOx의 저감으로 저 NOx연소버너가 개발되고 또한 소음공해 방지에 대한 기술이 개발되어 향후 엄격한 공해 규제에 대응하고 있다.

석탄화력발전소는 열효율이 40% 전후인데 반하여 석탄을 가스화한 가스터빈 복합발전(IGCC)은 약 45%로 약 5%의 효율향상을 얻을 수 있고 공해 저감으로 최근 이 설비에 대한 개발이 활발하다.

또한 랭킹 사이클에서 작동유체를 물대신 암모니아-물 혼합용액(70%)을 이용한 카리나 사이클(Kalina cycle)<sup>(8)</sup>은 기존의 랭킹 사이클보다 효율이 높은 것으로 평가되고 있으며 시험 플랜트가 캘리포니아 가나고공원 근처의 미국 에너지성 산하 에너지 기술센터(ETEC)에 설치되어 가동중이다.

이 카리나 사이클을 보톤 사이클(Botton cycle)로 한 가스터빈 복합발전이 효율개선 측면에서 유망한 발전방식이 될 것으로 기대된다.

이 카리나 사이클은 1978년 소련에서 미국으로 이민온 기술자 카리나 박사가 제창한 것으로 1980년대에 열역학적으로 인정된 바 있다.

### 5.2 전기사업면에서 본 전망

우리나라의 전기사업은 한전이 주관한 공익사업으로서 발전, 송배전, 판매를 통합하여 수행하고 있다.

전력난이 심했던 70년대에 한때 민간 발전사업이 이루어졌으나 곧 한전에 흡수되었으며 80년대에 들어오면서 경제개발에 따른 공업단지가 각처에 조성되면서 섬유, 식품, 제지, 석유화학, 제철업 등 비교적 공정열을 많이 쓰는 공장들이 전기와 열을 동시에 싼 값으로 공급받을 수 있는 열병합발전 설비를 건설하여 자체 전기수요를 감당하고 있다.

또한 대단위 아파트 단지가 조성되면서 단지내에 LNG를 연료로 한 가스터빈 열병합설비가 건설되어 전기생산과 동시에 난방열도 공급하게 된다. 전기사업법<sup>(9)</sup>과 집단에너지사업법<sup>(10)</sup>에 의거하여 열병합발전 설비 건설에 대한 금융 및 세제지원이 있고 잉여전력은 한전에 판매할 수 있으며 인가된 구역이나 지역 또는 단지 내에서 집단에너지(전기 및 열공급) 사업을 할 수 있도록 법적으로 뒷받침되어 있어 앞으로 이 사업이 확산될 전망이다.

현재 가동중인 열병합설비는 대부분 증기터빈식이며 가스터빈은 표 2와 같이 일부분에 지나지 않고 있으나 앞으로는 엄격한 공해규제로 청정연료를 사용해야 하기 때문에 고효율 가스터빈 열병합발전 설비가 증가될 전망이다.

### 5.3 신에너지 측면에서 본 전망

고효율 가스터빈은 신에너지 측면에서 연

구개발되고 있으며 우리나라도 한국과학기술 연구원 주관으로 1천kW급의 소형 고효율 가스터빈 KGT-10을 연구개발 중이며 일본에서도 Moon Light 계획의 일환으로 소형 고효율 가스터빈이 연구개발되어 시험운전에 있다.

이 소형 고효율 가스터빈은 도시가스를 이용한 호텔, 대형빌딩, 병원 등에 냉난방 열병합용으로 사용하면 에너지 효율도 극대화할 수 있고 공해규제 문제가 해결되며 최대 부하 요금제에서 첨두 전기부하를 담당하게 되어 전기요금에서 유리하며 또한 첨두냉난방 부하를 담당함으로써 냉난방 설비용량을 줄일 수 있는 이점이 있다.

그외 가스터빈의 장점인 기동정지의 신속성, 작은 설치공간, 전산이용 자동화, 무인화 운전, 패키이지화, 모듈화, 콤팩트화 등의 이점이 있다. 그리고 설비표준화를 하고 콘테이너 이동식으로 하여 수리정비 서비스의 향상과 설비리스제도 등을 도입한다면 가장 신뢰성 있고 편리한 설비가 될 전망이다. 따라서 전국전력망을 가진 한전도 일일 및 하계 첨두부하를 줄일 수 있는 효과와 분산전력원으로서의 역할도 할 수 있게 된다. 한편 신에너지 기술로서 연료전지 발전(fuel cell generation)이 실용화 단계에 있으며 선진국에서는 5kW~1천kW 규모의 설비가 발전소 구내, 식당, 호텔, 유락시설 등에 설치 운영되고 있고 지금도 계속 연구개발 중이다. 연료도 도시가스를 사용하고 열병합설비로 하면 80% 효율이 가능하고 환경공해도 적으며 터빈 발전기 같은 회전체가 없기 때문에 소음, 진동문제가 없는 이점이 있다.

앞으로 연료전지 발전이 콤팩트한 패키이지형의 열병합 설비로 실용화된다면 고효율 가스터빈 열병합 설비와 경쟁적 상대가 될 것으로 전망된다.

## 6. 맺음말

산업화 문명사회가 가속화될수록 공해 환

경문제와 에너지 이용 문제가 가장 큰 이슈로 등장될 것으로 본다.

특히 발전플랜트는 이 두 가지 문제를 속명적으로 안고 있으며 여기에 대응하기 위해서는 공해가 없고 환경을 오염시키지 않는 1차에너지를 가장 합리적이고 효율적으로 사용하는 발전설비가 요구된다.

이 두 가지를 동시에 만족하는 플랜트는 가스터빈을 응용한 열병합발전이나 복합발전이 가장 유리한 설비로 생각되며, 앞으로 이 분야에 대한 깊은 관심과 총체적인 기술개발 활동이 이루어져야 할 것으로 본다.

## 참고문헌

- (1) 棚沢泰(II), 가스터빈, 養賢堂, pp. 1~9.
- (2) 鹿島衛(II), 1982, "가스터빈 등 열기관의 역사," 電設工業誌, pp. 1~2.
- (3) KIST, 1991, "가스터빈 개발 1차 연구 보고서," pp. 33~34.
- (4) Shinichi Moriya 외, "Summary of Steam Turbine and Gas Turbine Development in Japan," 火力原子力發電誌, Vol. 41, No. 12, pp. 90~91.
- (5) Tomlinson, L.O. 1992, "G.E Combined Cycle Experience," (GER-3651B), p. 6.
- (6) Tomlinson, L.O., Maslak, C.E, 1992, G.E Cycle Experience, (GER-3651B), pp. 6.
- (7) 한전기술연구원 편, 복합발전 pp. 10~14.
- (8) Zerros, N.G., 외, 1992, "Innovative Kalina Cycle Promises High Efficiency," Power誌(美) pp. 177~179.
- (9) 전기사업법, 제 13, 40, 41조 동시행령 제 9조
- (10) 집단에너지사업법, 제 5, 6, 7, 8조