

가스 터빈 열병합 발전설비



정 두 천

집단에너지 사업에 있어서의 가스터빈 발전기를 사용한 열병합 발전설비에 대해 소개하고자 한다.

가스터빈은 당초 비행기용 엔진으로 개발되었던 것을 산업용으로 발전시켜 디젤엔진 같은 내연기관을 이용한 발전기 보다 더 큰 용량의 발전기에 사용하고 있다. 가스터빈 발전기의 주요 구성요소는 압축기, 연소기, 가스터빈 및 발전기로서 연료 연소용 공기를 흡입 압축해서 연소실로 보내어 연료유 또는 가스연료를 연소시켜서 얻은 고온, 고압의 가스를 터빈으로 보내 터빈 내에서 팽창하여 그 보유에너지의 일부는 동력으로 변환되고 저온, 저압가스로 배출된다.

가스터빈 발전기의 특징은 다음과 같다.

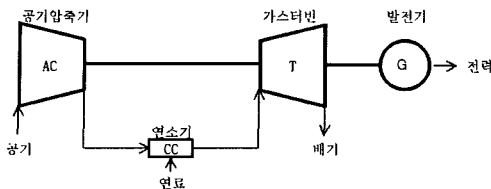
- 건설비가 싸고 건설기간이 짧으며 이설이 용이하다.
- 운전조작이 간단하고 구조가 간단해서 운전에 대한 신뢰도가 높다.
- 기동, 정지가 용이하며 운전특성(부하추종 능력)이 좋다.
- 냉각수의 소요량 등 입지제약조건이 적다.
- 열효율은 높으나 (48% 이상) 고가의 연료(LNG, 경유 등) 사용으로 운전비용이 높다.

- 가스온도가 높기 때문에 값비싼 내열재를 사용해야 한다.
- LNG를 사용할 경우 환경특성이 좋으나 (NOx, SOx 등) 성능이 외기 온도와 대기압의 영향을 받는다.

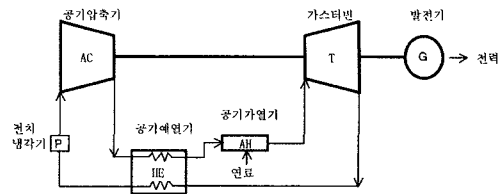
가스터빈 발전기는 크게 개방사이클(open cycle), 밀폐사이클(closed cycle) 그리고 복합사이클(combined cycle)의 세 종류가 있으며 각각의 특성은 다음과 같다.

개방사이클 가스터빈

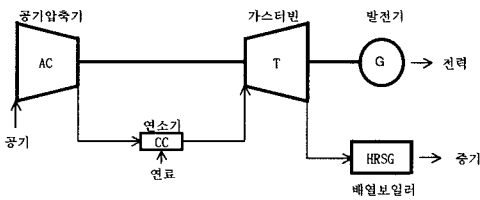
개방사이클 가스터빈은 가장 단순한 사이클 가스터빈으로부터 중간냉각, 재열, 재생을 포함한 복합사이클까지 그 종류가 많다. 그림 1의 계통도에서 나타낸 것과 같이 공기를 압축기로 압축해서 연료실로 보내 연소시켜 이때 발생한 고온, 고압의 가스를 터빈에서 팽창시켜 기계적 에너지를 얻는 사이클로서 배기는 대기에 방출시킨다. 그 과정은 압축 → 가열 → 팽창 → 방열의 4 과정으로 되어있다. 이 경우 공기압축기는 터빈에 의해 구동 되고 터빈출력의 약 2/3정도를 소비하여 나머지 1/3정도가 유효한 출력으로 이용된다. 또 기동시에 공기압축기를



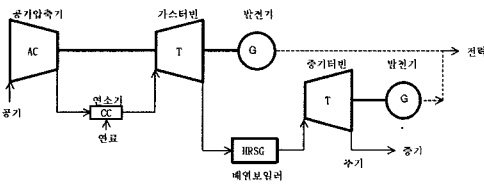
〈그림 1〉 개방사이클 가스터빈



〈그림 4〉 밀페사이클 개념도



〈그림 2〉 배열보일러 방식



〈그림 3〉 복합사이클, 추가방식

위해 다른 원동기를 (모터 또는 디젤엔진) 필요로 한다.

그림 2, 3은 개방사이클 발전방식의 확장 예로서 가스터빈에 의한 전력 외에 배열보일러(HRSG, heat recovery steam generator)를 설치하여 증기를 함께 얻는 복합방식의 예이다. 그림 2는 단순한 전력, 증기를 얻는 열병합발전(co-generation)의 예이고, 그림 3은 증기터빈 발전기를 추가 설치해서 구성되는 복합사이클발전의 예이다.

밀페사이클 가스터빈

작동유체는 보통 공기로서 공기압축기에 의해 압축된 공기는 열교환기에서 예열한

후 다시 공기가열기에서 연료를 연소시키고 연소시 발생한 고온, 고압의 공기는 터빈에 도입되어 터빈 내에서 팽창시켜 기계적 에너지를 내고, 배기는 열교환기로 열교환을 행한 후 냉각기로 냉각하여 다시 공기압축기로 되돌려져서 순환된다. 그림 4는 밀페사이클 가스터빈의 개념도이다.

복합사이클 발전

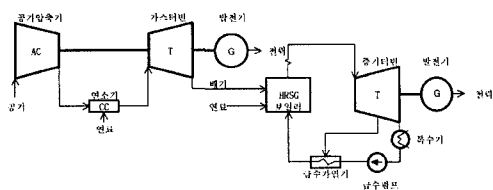
가스터빈 발전기는 현재 기 당 2~25만 kW 정도의 것이 제작되고 있으나 이것은 발전소로서의 특수성을 채용한 사이클의 복잡성에 의해 크게 달라진다. 또한 전력계통의 대응량에 비해 이것은 너무나 소출력이고 연료를 수입해야 하는 처지에 있는 나라에서는 가스터빈 발전기의 단독사용은 열효율 면에서 문제가 있다. 그러나, 전력계통이 불안정한 저개발국가에서는 정유공장 같은 대형 플랜트에서 전력과 증기를 동시에 발전시켜 전력계통에 연결하지 않고 플랜트 운전용으로 복합발전 captive 동력설비를 선호하는 경향이 있다.

이를 위해 최근 가스터빈을 배열회수 보일러 및 증기터빈과 결합시켜서 종합적인 발전소로서 열효율 향상을 도모할 뿐 아니라 전력과 증기를 함께 사용할 수 있는 방식에 관심을 모으고 있는데 그것이 바로 복합사이클 발전이다.

가스터빈 사이클과 증기 사이클의 조합방식으로는 여러 가지가 있지만, 그 중 대표적인 것이 배기연소 사이클과 가압보일러 사이클이다.

배기연소 사이클

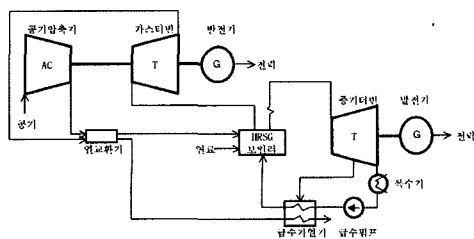
가스터빈의 배기에는 산소가 남아있고, 이 고온의 배기를 배열회수 보일러(HRSG)로 통과시키면서 보일러의 연소용 공기로 사용해 보일러의 연료 소비량을 경감시켜 열효율을 6~7% 더 향상시킬 수 있다. 그림 5는 배기연소 사이클의 개념도이다.



〈그림 5〉 배기연소 사이클

가압보일러 사이클

가스터빈의 배기뿐 아니라 공기압축기에서 나온 고압의 공기를 배열회수 보일러에 보내어 이것을 연소공기로써 가압 연소시켜 연소 생성 가스를 가스터빈에 보내 터빈을 구동 시키는 방식이다. 그림 6은 가압보일러 사이클의 개념도이다.



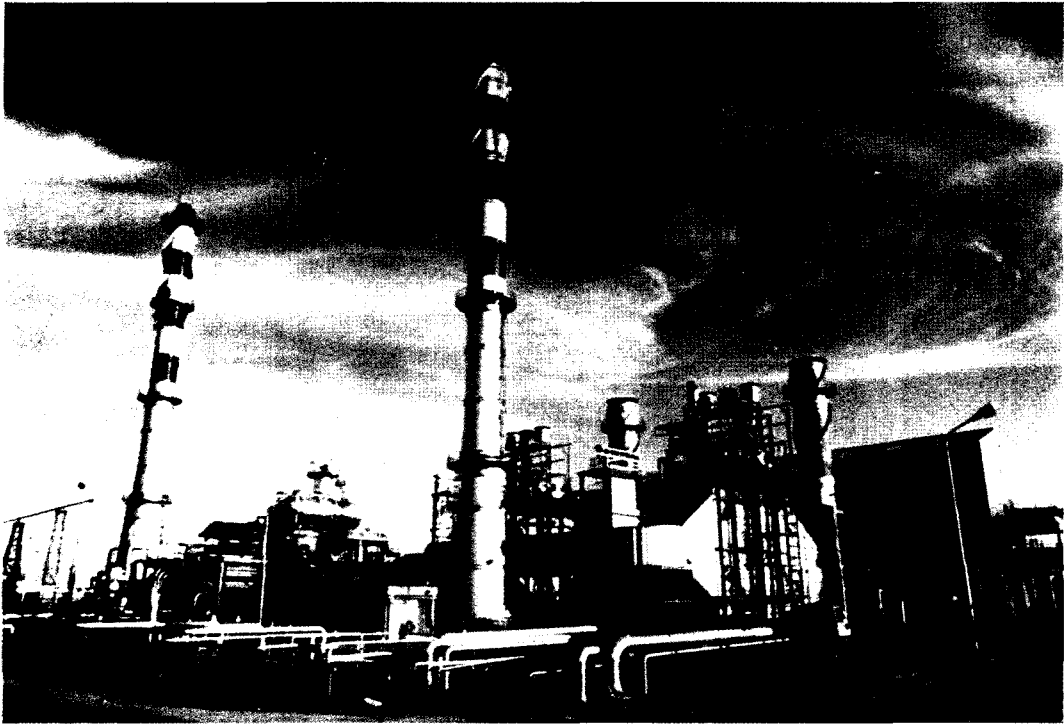
〈그림 6〉 가압보일러 사이클

이 복합사이클 발전의 특징은 열효율이 높고, 기동정지 시간이 짧고, 부분부하에서의 효율이 높으며, 복수기의 냉각수 양이 적으나 배기량이 많아지기 때문에 NOx 등의 배기대책이 필요하여 저 NOx 버너를 사용하여야 하며 소음대책이 필요하다.

이상은 가스터빈 발전의 종류 및 특징에 대한 설명이며, 당사에서는 최근 인도의 아쌈주에 30 MW급 가스터빈 발전기 2대, 130 ton/hr 배열회수 보일러 2대 그리고 53 ton/hr 보조보일러로 구성된 복합사이클 발전소를 신설중인 정유공장에 설계, 기자재 공급, 건설 및 시운전을 포함한 full turn key project로 그림 7과 같이 성공리에 사업을 마쳤고, 전력과 증기를 플랜트 운전용으로 공급하고 있다. 본 사업은 국내에서의 열병합 발전소 설계 및 건설 경험 그리고 해외에서의 다양한 형태의 발전소를 설계 및 건설한 경험이 바탕이 되어 수주한 것이고, 기본설계부터 성능보장까지 해야 하는 full turn key project라는 점에서 긍지와 자부심을 갖는다.

인도는 저개발국가로서 우수 기술인력이 많고 저렴한 노동인력이 풍부하지만 자재의 품질에 한계가 있고 특히 도로와 교량이 낙후되어 내륙운송의 문제 등 인프라 부재가 사업수행의 걸림돌 이기도 했다. 본 사업의 경우, 60ton 이상의 중량물은 barge를 이용한 수로수송을 해야 했고, 본토로부터의 자재운반이 한달간 소요되며 정치적으로 불안정하여 반정부 독립 단체들의 빈번한 테러에 의한 신변의 위협을 느껴가며 마치 전쟁터와 같은 곳에서 고립된 생활 등 상상을 초월한 열악한 환경 가운데에서도 한 건의 사고도 없이 성공적으로 사업을 마칠 수 있었던 것은 사업초기부터 치밀한 계획과 추진력을

집중 기획
에너지 설비



<그림 7> 인도 아쌘주에 건설한 열 병합 복합사이클 발전소 전경

갖춘 조직운영 그리고 회사의 명예를 걸고
한국인 특유의 투지, 끈기, 인내 및 자부심을
갖고 함께 수고한 회사 직원들의 결실이라

믿는다. ☺

<기획 : 김병주 이사(bkim@wow.hongik.ac.kr)>