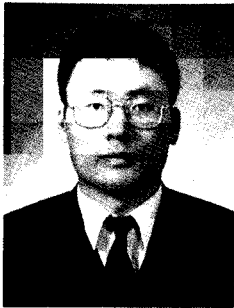


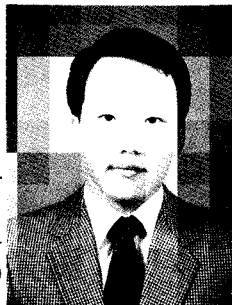
산업용 가스터빈 엔진(FT4000계열)의 개발 현황



김 수 용

(KIMM 열유체시스템연구부)

- '76-'82 인하대학교 조선공학과(학사)
- '83-'84 삼성조선 기본설계부 근무
- '84-'86 Florida Atlantic Univ. 해양공학(석사)
- '87-'89 Texas A&M Univ. 항공공학(석사)
- '90-'92 Texas A&M Univ. 기계공학(박사)
- '93-'94 삼성데이터 시스템, 정보기술 연구소
- '94-현재 한국기계연구원 선임연구원



박 무 룡

(KIMM 열유체시스템연구부)

- '79-'83 국민대학교 공과대학 기계설계학과(학사)
- '86-'90 South Dakota State University(석사)
- '91-현재 한국기계연구원 선임연구원

1. 산업용 가스터빈엔진 개발 동향

산업용 가스터빈 엔진 개발은 처음부터 사용되는 용도를 위하여 설계, 개발된 것과 기존 항공용 엔진을 개조한 것으로 크게 나눌수 있다. 각각의 경우 고유의 장단점이 있으나 설계된 산업용 엔진에 비해 개조 된 것의 경우 보다 높은 효율성 및 엔진 개발에 있어서의 비용 절감 등을 들수 있다. 산업용 엔진의 개발도 항공용 엔진의 경우와 마찬가지로 시장성 조사나 특정 요구자의 요구사항을 참고로 부터 시작되며 설계시 중요시하여야 할 사항으로 고도의 성능, 경제성, 작동수명 및 중량 등이 있으며 산업용의 경우 경제성이나 긴 작동수명을 더 중요시하게 된다. 70년대 후반 들어 빈약한 부존자원과 사용에너지의 다변화, 환경 보호 등의 이유로 지역 난방 및 發電을 위한 산업용 가스터빈 개발에 대한 요구가 크게 일고 있으며 현재 각 기업체 및 연구소에서도 산업용 가스터빈엔진 개발을 위한 연구가 활발히 진행되고 있으나 기술 수준은 선진국과 비교하여 큰 차이가 있다 하겠다. 산업용 가스터빈 개발의 주요 선진 기업들을 살펴 보면 GE Marine & Industrial Engine(GMIE)과 Turbo Power & Marine System Inc(TPM), Pratt & Whitney(P&W), Siemens, 그리고 Rolls Royce Inc. 등이며 제품의 경제성을 높이는 동시에 저렴한 가격을 유지하기 위한 효율 향상을 위한 노력을 경주하고 있다. GE가 1971년 천연가스와 원유 수송의 목적으로

캐나다의 밴쿠버 지역에 처음 설치한 LM2500는 군용기용 엔진인 TF39과 CF6-6민항기 엔진을 개조한 것으로 2단 팬, 저압 압축 5단, 제트 파이프 등을 제거하는 대신 6단 분리축 동력 터빈을 설치하여 16단의 고압압축, 원통형 연소기, 2단 터빈으로 12MW의 출력을 발생하였다. GMIE가 1959년 부터 생산기 시작한 LM6000은 단순사이클 작동시 40%가 넘는 효율에 40MW의 출력으로 이같은 목표를 충분히 달성하고 있으며 열효율이 40%의 벽을 돌파함으로써 93년 초까지 63기의 LM6000의 판매가 전세계적으로 이루어진 것으로 알려져 있다. LM 6000은 보잉 747, 767 MD-11, A-300, 310, 330 등에 사용중인 항공기엔진 CF6-80C2를 개조하여 제작한 것으로 엔진의 급작가동 및 정지, 또는 축류 압축기에 발생할지도 모를 실속(Stall) 현상을 방지하기 위하여 유량조절을 위한 다목적 속도용 동익과 정익의 추가뿐 아니라, 물이나 스팀을 연료봉에 주입함으로써 질소화합물을 25PPM 이하로 낮추고, 연소기내 균일한 연소 혼합물을 이룸으로 저 Nox형성을 위한 DryLow Nox기술 등을 적용한 것으로 알려져 있다. 25MW급 동력 발생으로는 1991년 처음 소개된 TPM의 FT8 산업용엔진을 들 수 있다. 보잉 727, DC-9, MD80등에 사용되었던 JT8D-219항공용 엔진의 팬을 제거한 후 압축기에 새로운 단(Stage)을 추가하고 터빈을 고압 1단과 저압 2단으로 구성한 결과 비용절감의 효과를 가져왔으며 부분부하 작동시 엔진의 케이싱이 동익(Rotor Blade)의 수축보다 빨리 수축하는 문제를 케이싱에 냉각기류를 보내줌으로써 간극을 적절히 조절함으로써 효율을 38.6%까지 높인 것으로 알려져 있다. 1996년 미국 해군에 장착할 중간냉각 재생사이클을 이용한 Rolls Royce 엔진은 제품의 78% 부품을 Rolls Royce사의 산업용엔진 RB311로부터 공급하였으며 저압과 고압 압축기 사이에 중간냉각기를 설치하여 저압압축기의 출구 온도를 낮추어 줌으로써 고압압축기의 일을 감소시켜주고 배기열은 재생기(recuperator)로 흡수한 후 연소기로 보냄으로써 부가적인 동력을 얻음과 동시에 효율

도 높여 주고 있다. P&W에서는 1980년대초 보잉 747에 사용된 PW4000 항공용엔진을 개조하여 FT4000 산업용 엔진을 만들기위한 노력을 기울이고 있으며 완성시 41% 열효율에 52.5 MW의 출력을 발생시킬수 있을 것으로 내다보고 있다. 같은 계열사인 TPM에서는 궁극적으로 200MW급 출력에 60% 효율을 낼수 있는 습기식 터빈(Humid Air Turbine)의 개발에 관심을 쏟고 있다. FT4000 기술이 바탕이될 습기식 터빈은 저압 압축기의 공기를 열교환기로 보내어 냉각시킨 후 고압터빈으로 보내는 과정에서 공기가 30기압 이상으로 가압되어지고 다시 압축탱크인 포화기(Saturator)로 보내어진다. 이렇게 추가열된 습기를 FT4000의 연소기에 주입하는 것으로 되어 있다. 이외에 GMIE는 LM6000의 성공에 힘입어 LM6000의 개조형인 효율 55~60%의 GEX 산업용 엔진의 설계를 시작한 것으로 알려져 있다. GEX는 저압과 고압사이에 중간냉각기를 가지며 연소기 온도가 2600°F에 육박할 것으로 알려져 있다. 국내의 주요 연구 및 개발 현황으로는 항공 우주 연구소의 소형가스터빈 설계시스템개발이 1989~1992년간 특정연구 및 러시아와의 국제공동으로 이루어졌으며 연구를 통하여 항공기 엔진의 시스템 설계 및 성능실험 기법, 항공기용 가스터빈 엔진/부품의 CAD/CAM기술등이 이루어졌다. 기계연구원의 소형 가스터빈 부품 설계 및 중형 산업용 가스터빈 설계등이 1986~1992, 1993~에 각각 완료되거나 진행되고 있다. 소형 가스터빈 부품 설계를 통하여 원심 압축기, 무급유 압축기 성능 시험용 연소기 설계 등이 이루어졌으며 47MW 산업용 가스터빈 설계에서는 항공기용 엔진인 PW4000을 개조하여 FT4000을 제작하는 것으로 되어 있다. 이외에 산업계에서는 삼성항공의 1.2MW 산업용 가스터빈엔진 개발이 러시아 기술진의 협조로 이루어지고 있으며 한라중공업은 러시아의 클리모프사와 협력하여 대형 건물 비상발전용 1.8 MW 개조형 가스터빈을 생산한 것으로 알려졌으며, 쌍용중공업은 독일 MTU와 제휴하여 0.3~30MW 전차용 터보 차저 등의 조립 생

FT4000 Technology Development Path

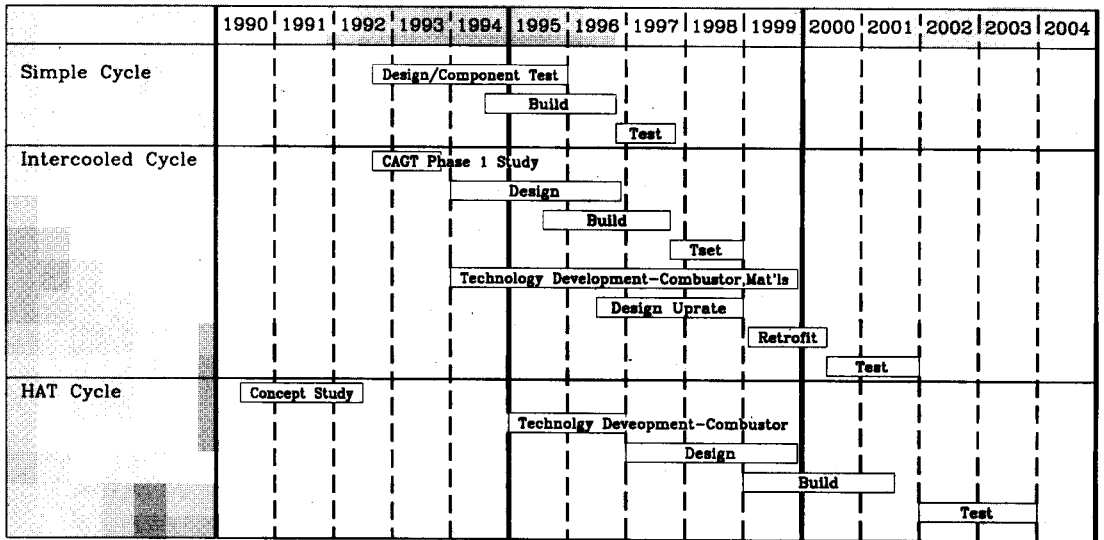


그림 1. FT4000 엔진 계열 개발 계획

산을 한 것으로 알려져 있다. 본서에서는 TPM에서 개발 중인 FT4000 계열 산업용엔진의 개조에 따른 기술적 문제 및 설계에 대하여 논의하고자 하며 아래 그림1.은 FT4000 엔진 계열의 개발 계획을 보여 주고 있다.

2. FT4000 산업용 가스터빈 엔진의 개조

2.1 엔진 개조시의 부품 결합

항공기용 엔진인 터보 제트 엔진을 개조하여 기계적에너지를 얻기 위한 터보축으로의 변환은 쉬운 일은 아니다. 기계적 에너지를 얻기 위하여서는 먼저 터보 제트 엔진의 제트 파이프 부분을 제거하고 대신에 동력 터빈을 부착하기도 하지만 발전용과같이 대부분의 작동시간에 걸쳐 부하의 변동이 작은 경우 저압터빈에서 동력을 그대로 뽑아 쓰기도 한다. 여하튼 제트 파이프를 제거하고 동력 터빈을 설치하게 되면 압축기를 돌리는 저압터빈의 배압이 높아지게 되어 터빈의 출력은 자연히 감소하게 된다. 또한 동력 터빈의 유효 유통 면적이 배기 노즐의 throat면적과 동일하지 않

으면 동력터빈은 물론 압축기와 가스발생기 터빈의 유량 마저도 영향을 받게 되어 엔진의 작동점은 압축기 성능도 상에서 다른 곳으로 이동한다. 그렇게 되면 엔진은 본래 설계된 상태에서 벗어나서 작동하게되므로 각 구성부품의 효율이 크게 떨어지고 압축기와 터빈의 결합이 불량(mis-match)하게 된다. 따라서 압축기와 터빈이 각각 양호한 상태에서 작동할 수 있는 적절한 엔진의 작동점을 결정해 주어야 한다. 압축기는 역압력 구배상태에서 과정이 일어나므로 흐름상태의 변화에 대하여 민감하여 성능의 변화가 심한 반면 터빈은 순압력구배에서 흐름이 팽창하므로 흐름의 상태 변화에 덜 민감하다. 압축기에는 항상 흐름의 분리와 실속(surge) 문제가 뒤따르기 때문에 잘못 개조하는 경우 오히려 설계하여 개발하는 만큼 복잡해질 가능성이 있다. 따라서 압축기는 가능한 한 변경하지 않고 터빈의 정의의 각을 재조정하여 흐름의 방향과 노즐 Throat 면적을 변화시키고 동익도 스테이지각을 동시에 조정하여 압축기와 터빈 상호간에 적합한 유량과 출력을 얻도록 결합시킨다. FT4000과 같이 터보 팬엔진(PW4000)

을 개조하는 경우 저압 압축기나 팬에서 나오는 저압 저속의 by-pass 공기 흐름이 제트 파이프에서 나오는 고온고압의 제트와 혼합되는데 이 혼합된 공기를 동력터빈에 사용하는 것이 매우 어렵고 팬자체의 압력도 작기 때문에 개조시에는 저온저압의 by-pass 공기를 제거하기 위하여 팬을 떼어내게 되며 이로 인해 압축기의 특성에 변화가 생기게되고 또 압축기에 걸리는 부하의 변화도 커지므로 압축기와 터빈간의 재결합이 필수적이게 된다. 항공기 엔진은 대부분의 작동이高空에서 이루어 지므로 연소기도 고공에서 효율적으로 작동하도록 설계되어 있다. 따라서 이를 지상에서 작동하는 산업용 엔진으로 개조하려면 연소기 역시 지상에서 천연가스 및 액체 연료를 사용할 수 있도록 재설계하여야 한다. 구조상의 문제로서는 동력 터빈을 추가하게 되면 동력 터빈의 입구와 출구의 압력과의 모멘텀 차이로 축 방향 추력이 동력 터빈의 동익에 작용하므로 추력 배어링을 보강해 주어야 하는 것과 동력 전달 축의 회전수를 사용가능한 수준으로 저하시키기 위한 감속 기어(Gear) 장치가 필요하다.

2.1.1 고압 스플의 재설계

쌍 스플(Twin Spool)에 대한 결함을 하기위하여는 먼저 저압터빈 입구에서의 흐름이 질식(Choke)되었으며 저압터빈의 입구 면적이 일정하다는 가정하에 진행한다. 터빈 입구 면적이 결정됨에 따라 고압 터빈의 확장비(p_H/p_L)가 계산되어 지고 터빈 수정일이 결정된다. 터빈 수정일과 연소기에서의 에너지 추가로 압축기 수정일을 구할 수 있게 되며 이로 부터 압축비를 결정할 수 있다. 압축비와 유량 보존으로부터 수정된 유량을 찾을 수 있어 압축비와 함께 결합점을 결정할 수 있게 된다. 개조형 산업용 엔진의 경우 팬 대신 저압 압축기가 추가 되었으므로 전압력비는 항공기 엔진보다 증가하게 되고 결국 고압터빈의 입구 전압력도 증가하게 된다. 개조된 엔진이 항공기용 엔진과 같은 공기 유량을 통과 시키려면 터빈 유량식에서 보는 바와같이 개조된 엔진의 터

빈입구 온도가 크게 증가하게 된다.

$$W \propto \frac{P_T \cdot A}{\sqrt{T_T}} \Rightarrow \frac{T_T'}{T_T} \propto \left(\frac{A' \cdot P_T'}{A \cdot P_T} \right)^2 \quad (1)$$

만일 개조된 엔진이 항공기용 엔진과 같은 공기 유량을 갖고 비슷한 터빈 입구 온도를 유지하려면

$$P_T \cdot A = P_T' \cdot A' \quad (2)$$

가 되어야하므로 개조된 엔진의 유동 면적이 작아져야 한다.

2.1.2 저압 스플의 재설계

저압 압축의 면적비와 효율로 부터 저압 터빈의 확장비를 결정하고 이로 부터 저압터빈의 수정일을 계산한다. 저압 터빈의 교정일과 연소기에서의 에너지 추가로 압축기 교정일을 찾게되면 저압 압축기 효율과 함께 저압압축비를 구하게 된다. 이제 저압 압축비, 효율 그리고 고압압축유량으로 부터 저압 압축기의 수정 유량을 계산하여 압축비와함께 저압압축의 결합점을 찾을 수 있다. 저압 압축기와 고압 압축기 사이의 유량보존을 만족시키기 위하여 저압과 고압 압축기간의 수정 유량은 다음과 같이 관계 지워진다.

$$W_{CL} \frac{\sqrt{\theta_2}}{\delta_2} = W_{CH} \frac{\sqrt{\theta_H}}{\delta_H} \sqrt{\frac{T_L}{T_H} \frac{P_H}{P_L}} \quad (3)$$

항공기용 엔진에서는 저압터빈이 팬과 저압 및 고압 압축기를 구동시키므로 일 평형식은 다음과 같다.

$$(W_a + W_b) \cdot \Delta h_F + W_a \cdot \Delta h_{CL} = W_a \cdot \Delta h_{TL} \quad (4)$$

그러나 FT4000의 경우 중간 냉각기가 추가되고 팬이 제거되었으므로 식(4)는 다음과 같이 변형된다.

$$W_a \cdot (\Delta h_{CL} + \Delta h_{CH}) = W_a \cdot \Delta h_{TL} \quad (5)$$

2.2 FT4000 계열 엔진의 개조 현황

2.2.1 단순 사이클

산업용 가스터빈엔진은 일반적으로 압축기, 연소기, 터빈으로 형성된 가스 발생기와 가스발생기로 부터의 출력을 이용하기 위한 동력 터빈 (Power Turbine)으로 구성되는 터보축엔진의 형태를 취하며 발생하는 기계적 동력을 선박 추진용이나 차량, 헬리콥터 동력원 등 다양한 범위에 적용되고 있다. 보잉747 등에 사용중인 PW4000엔진의 산업용으로의 변환은 다음과 같은 기계적 변화를 통해 개조되었다. FT4000 산업용엔진을 개조함에는 FT8 산업용 엔진의 기술 경험을 살려 개발비를 축소시켰으며 기술적으로는 저압 압축기의 재질을 타이타늄으로 부터 강철(Steel)로 바꾸고 50~60Hz의 익형을 사용하였으며 고압 압축기 마지막 段의 제거와 연소기의 Nox저감(Dry Low) 설계가 이루어졌으며 분사 시험을 수행하고 고압 터빈 1단의 정익, 동익과 2단 정익의 스테이지 각 변화, 그리고 이들에 대한 재질의 변화가 있었으며, 저압터빈에서 50~60Hz 익형을 사용한 것

과, 저가의 디스크 재질로 대체한 것 그리고 두 저압 디스크의 형태를 동일한 것으로 사용한 것 등이다. 이외에 전 후방의 베어링 및 많은 고압 압축과 터빈의 부품은 PW4000의 것을 그대로 사용하도록 되어 있다. 또한 50/60. Hz의 엔진 구동시 기어 박스를 사용하지 않고 저압 터빈의 출력을 그대로 사용하도록 되어있다. 아래의 그림 2.에는 단순 사이클부품의 배치도를 보이고 있으며 그림 3.에는 FT4000의 기계적 변화와 나타나 있다. 또한 변형된 FT4000 단순 사이클엔진의 출력과 효율을 동급의 다른 엔진과 비교한 결과가 표 1.에 나타나 있다.

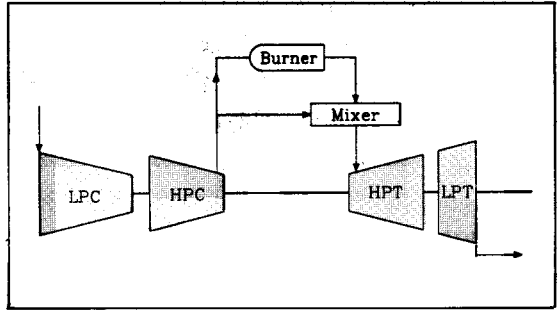


그림 2. FT4000 단순 사이클 부분품 배치도

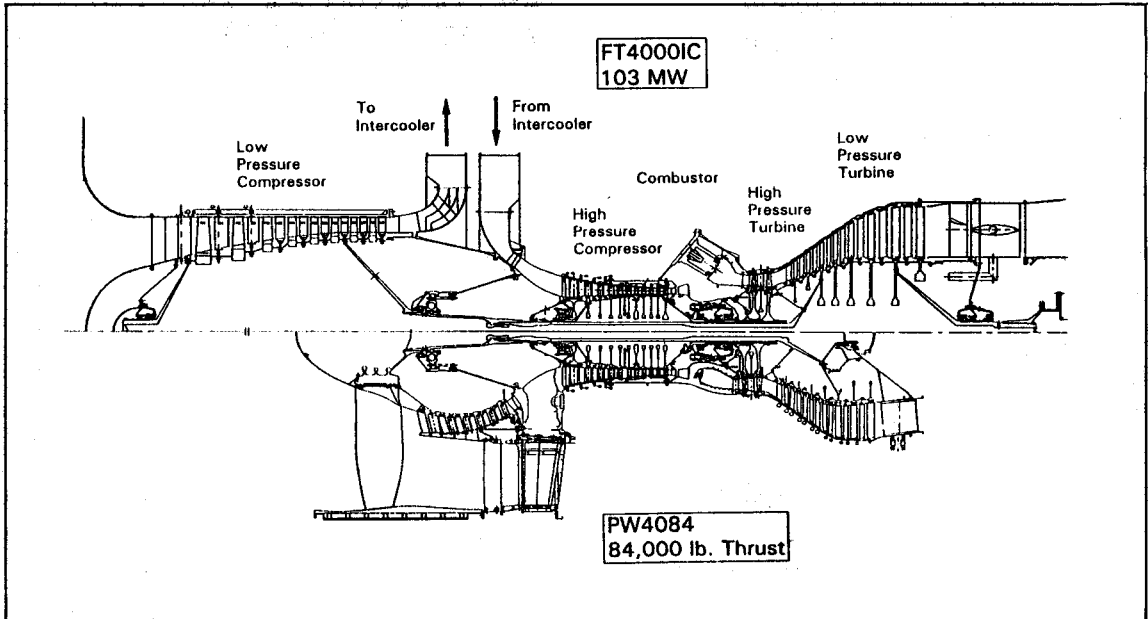


그림 3. PW4000 항공용 엔진과 FT4000 산업용엔진의 기계적 비교

표 1. FT4000 단순사이클 엔진과 동급 엔진과의 비교

	FT4000 단순 (50/60 Hz)	LM6000 (50Hz)	LM6000 (60Hz)	Trent 50/60 Hz
출력(MW)	52.5	40.6	41.1	50
효율	41.4	39.2	39.7	42

2.2.2 중간냉각 사이클 (FT4000IC1)

점차 증가하는 연소 출구온도로 부품품들에 대한 적절한 냉각의 필요성이 요구됨에 따라 가스터빈에서 다단 중간 압축의 중요성이 크게 증가하고 있다. 중간냉각에 의한 일의 증가는 저압과 고압 압축기를 분리하여 중간냉각을 시켜줌으로 이루어지며 이때 일은 저압과 고압의 압축비가 동일한 경우 최대로 나타나고 있다. 중간냉각 사이클을 사용하는 경우 중간냉각으로 인한 압력 손실을 감안 하더라도 출력과 효율이 큰폭으로

증가하며 열교환기를 사용하지 않을 경우 큰 압축비를 사용함으로써 높은 터빈 입구온도의 利點을 이용할수 있다. 중간 냉각에 의한 효과는 사용되는 중간 냉각 압축비의 값에 의해 달라지는데 이는 중간냉각방식에 의해 영향을 받는다. 중간냉각 방식에는 혼합기(Mixer), 표면 열교환(Surface Heat Exchanger) 등이 있으며 현재 대부분의 산업용 가스터빈은 열교환에 의한 방식을 채택하고 있으며 FT4000도 같은 방식에 의한 열교환을 하고 있는 것으로 알려져 있다. 아래 그림.4는 공냉식과 수냉식 두가지 열교환을 형태의 배치도를 보이고 있다. 공냉식의 경우 열을 대기 중에 발산시키며 엄청난 크기의 제약으로 반드시 육상에 위치해야 한다는 단점이 있다. 수냉식은 공냉식보다 효율이 높고 크기가 훨씬 작아지며 구조도 간편해진다는 利點이 있으나 물을 사용하는데 따른 환경문제의 소지가 발생할 수 있다는 제약이 있다. 중간냉각은 특히 해상 발전용으로 적합한데 이는 냉각수의 공급이 쉽다는 점 때문이다.

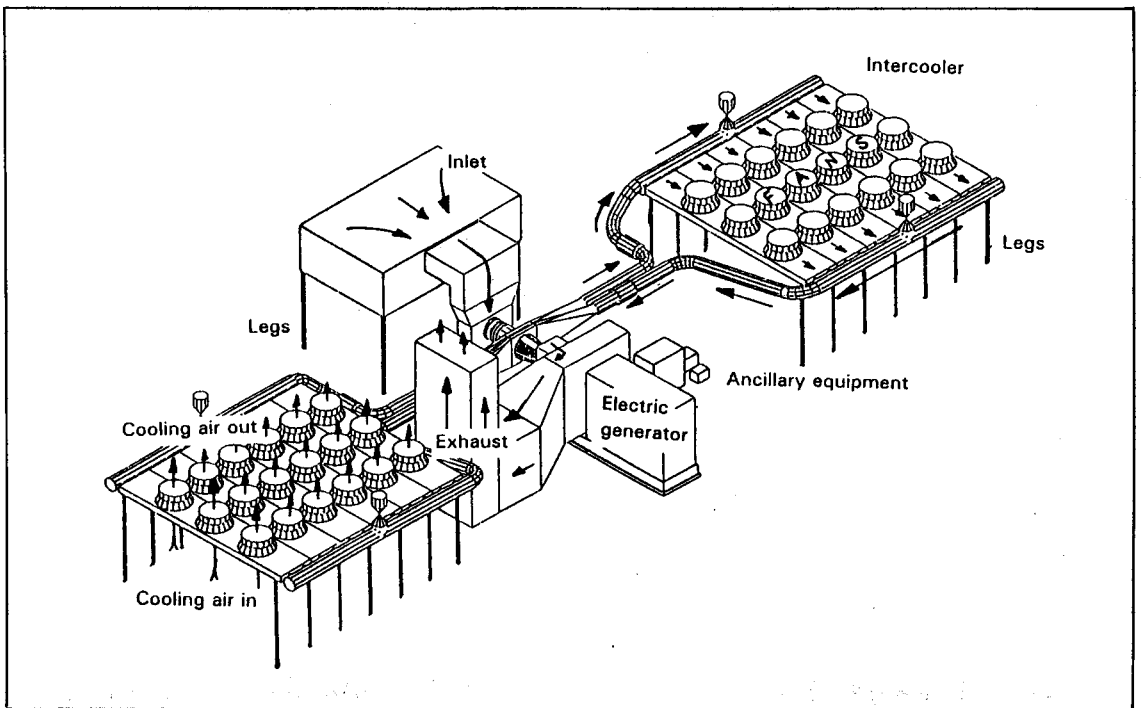


그림4-a. 공냉식 중간 냉각기

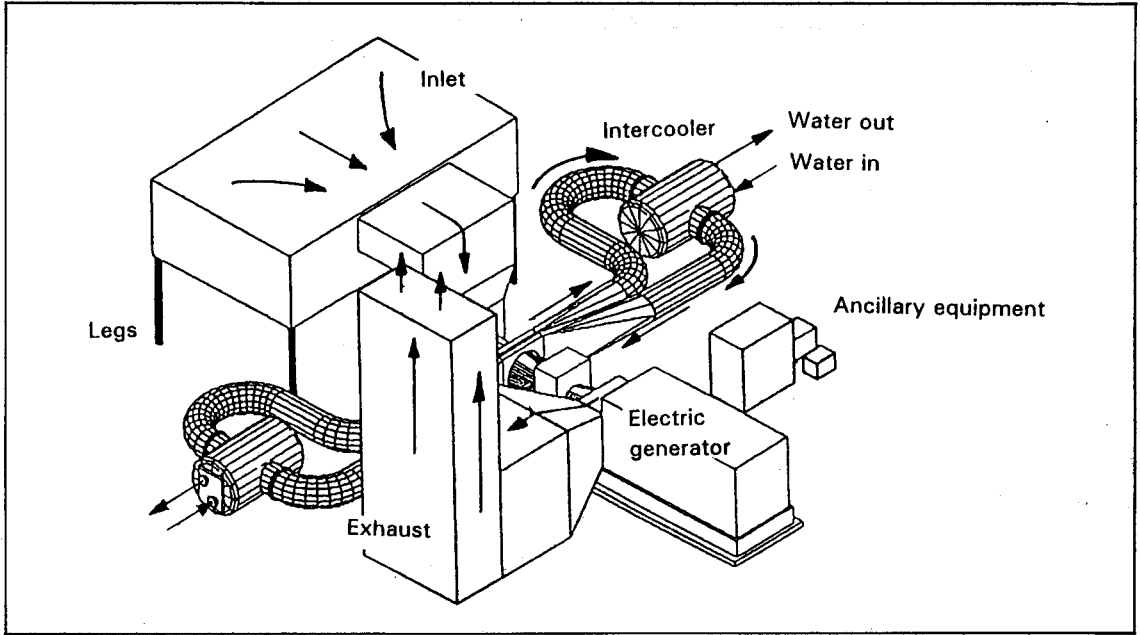


그림4-b. 수냉식 중간 냉각기

FT4000 단순사이클 엔진으로부터 최소의 변화를 통해 제작되는 중간냉각 사이클은 46%이상의 효율과 100~128MW의 출력을 보이고 있으며 KW 당 소요비용이 단순 사이클보다 낮은 것으로 나타났다. 이와같은 성능의 변화는 저압 압축기와 저압 터빈의 段數의 증가와 항공기용 熱膜(Thermal barrier coating), 냉각기술, 부품 등 첨단 항공기술의 사용과 함께 Nox 저감(Dry Low) 및 방부재질 등 산업용기술과의 접목으로 인한 개선의 때문으로 풀이 된다. 중간 냉각으로 인한 출력의 증가는 다음과 같은 3가지의 형태로 발생한다.

- 1) 중간냉각에 기인한 열역학적 효과
- 2) 증가된 터빈온도의 영향
- 3) 초가급(Super charging) 효과 등이다.

첫째는, 고압압축기의 입구 온도를 낮춤으로서 압축기를 돌리기 위하여 소모되는 터빈 출력이 감소하는 열역학 기본법칙에 따른 효과이며, 둘째, 고압 압축기 입구 온도의 강하로 출구 온도 역시 강하됨으로 고압 압축기로 부터 뽑아 사용하는 냉각공기의 온도 저하가 보다 높은 터빈 입구온

도를 가능케 해주며, 마지막으로 중간냉각으로 인해 고압압축기의 입구 온도가 저하함에 따라 초가급(Super Charging)이 가능해짐에 따라 공기유량의 증가로 22%의 출력의 증가가 가능케 된다는 점이다. 그림5는 단순사이클로 부터 중간냉각 사이클로의 기계적 변화를 보여 주고 있으며 표2는 FT4000 엔진의 중간냉각 사이클과 타사의 동급 제품과의 출력을 비교한것이다. 그림5 에서 중요한 기계적 변화를 살펴보면 저압 압축기의 익형을 새로운 것으로 하였고 단순사이클에서 제거되었던 고압 압축기의 마지막 段이 다시 추가되었으며 연소기가 대류냉각으로 설계되었고 고압터빈의 경우 냉각기류의 재분배가 이루어졌으며 저압 터빈의 경우 2단이 더 추가되었다. 무엇보다도 중간냉각으로 인하여 보다 낮은 연소기 입구 온도가 가능케 됨에따라 Nox 형성을 감소시켜 줄 균일한 혼합을 위한 여유있는 혼합시간을 가능케 해주어 결과적으로 자연연소를 최소화함에 따른 연소의 안정성으로 Nox 형성을 방지할 환경이 조성되었다는 점이다. 그림6.은 중간냉각 사이클의 부분품 배치도를 보여주고 있다.

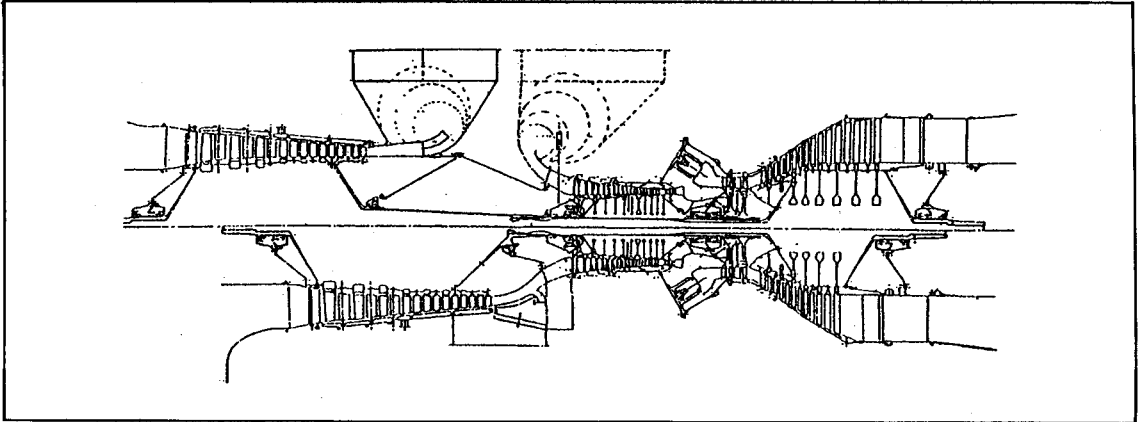


그림 5. 중간냉각 사이클 엔진과 단순 사이클 엔진의 비교

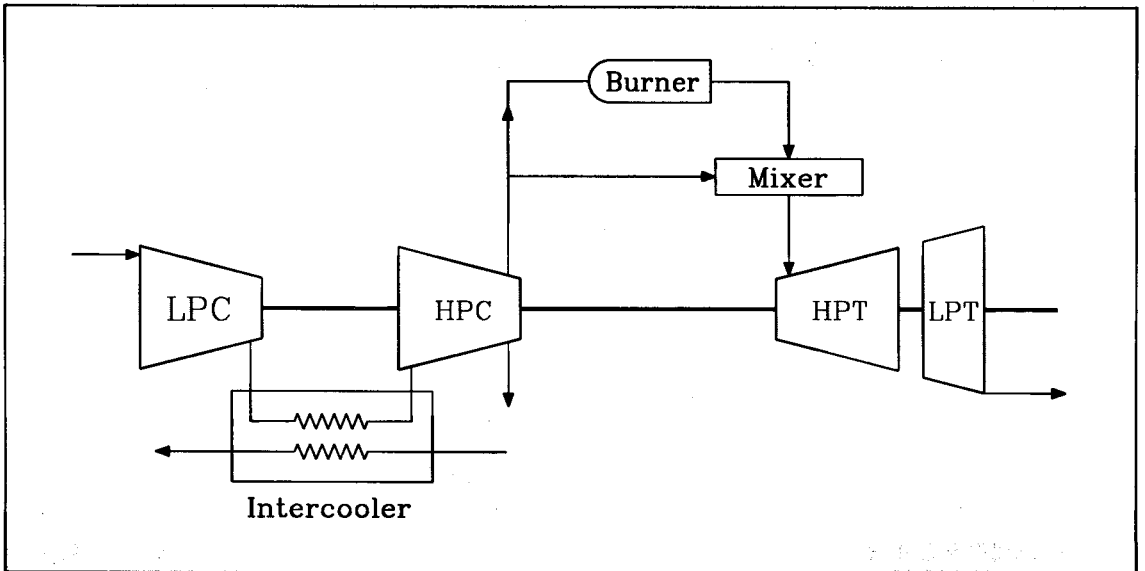


그림 6. FT4000 중간 냉각 사이클 부분품 배치도

표 2. 중간 냉각 사이클과 다른 경쟁 기종과의 비교

product	power (MW)	Price (\$/KW)	Heat Rate (Btu/KWh)
산업용 가스터빈엔진 (중간냉각사이클 1)	102.4	~240	7400
산업용 가스터빈엔진 (중간냉각 사이클 2)	128.0	< 240	7275
GE LM6000x2	82.2	255	8600
ABB GT11N2	109.2	202	9975

2.2.3 濕氣식 터빈(Humid Air Turbine)

습기식 터빈은 기존 산업용 가스터빈의 기능을 더욱 연장시킨 것으로 천연가스나 석탄가스를 연료로 사용할수 있으며 210~323 MW의 출력에 효율은 57~63%에 이를 것으로 알려져 있다. 천연가스를 사용할 경우 습기식 터빈의 55.3% 효율에 Net Heat rate는 6186Btu/kWh, 압축비는 40.5 가 될 것으로 알려져 있다. FT4000 기술이 바탕이 될 습기식 터빈은 저압 압축기의 공기를 열교

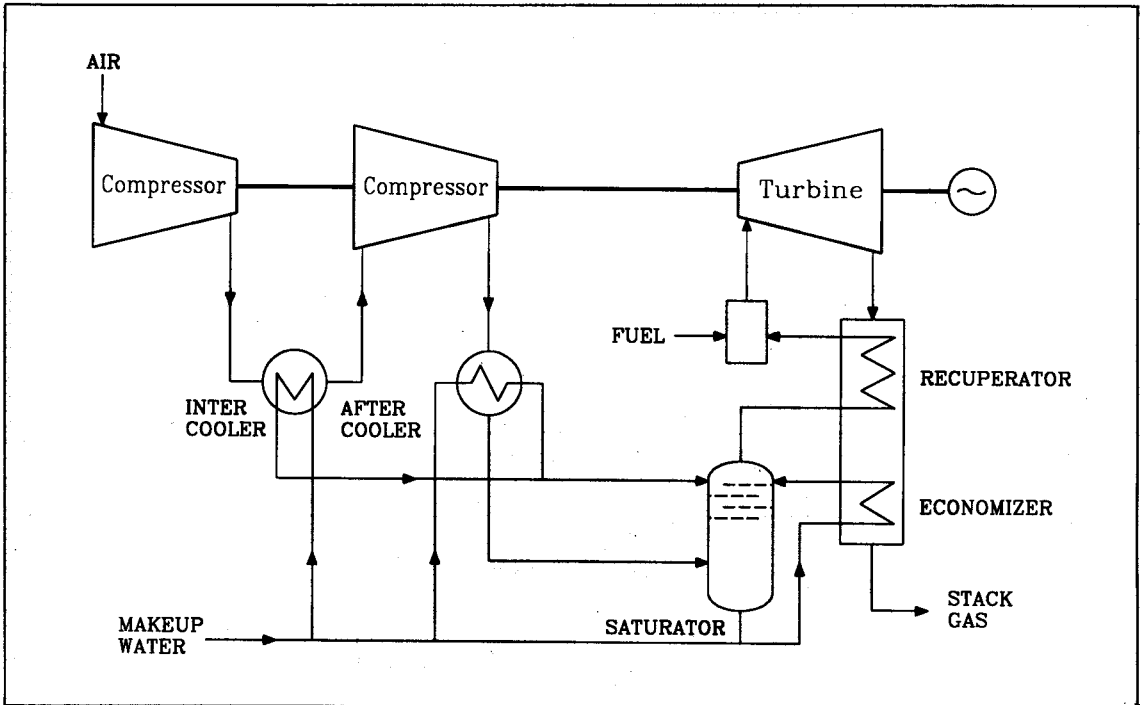


그림 7. 습기식 터빈 사이클 배치도

환기로 보내어 냉각시킨 후 고압 터빈으로 보내는 과정에서 공기가 30기압 이상으로 가압되어지고 다시 수직 압축탱크인 포화기(Saturator)로 보내어진다. 포화기내에서 공기가 위로 상승하면서 가열된 물을 탱크 윗부분에 분사시키면 공기가 약 25%의 습도로 된 후 터빈 출구밖의 또다른 열교환기로 보내어지면서 온도가 800°F 이상의 포화 증기가 된다. 이렇게 초가열된 습증기를 FT 4000의 연소기에 주입하게 되면 이 초고온 습증기가 가스터빈의 성능을 향상시키는 것으로 되어 있다. 습기식 터빈은 연구 결과에 따르면 천연가스나 석탄으로 부터 합성(synthetic)에너지를 뽑아내는 공장과 함께 사용되어질 수 있는 것으로 알려졌다. 아래의 그림.7에는 습기식 터빈 사이클의 배치도를 보여주고 있다. 습기식 가스터빈(HAT) 과정은 현재 미국 정부 기관 및 산업체가 공동으로 추진하고 있는 CAGT(Collaborative Advanced Gas Turbine) Phase I에 연구 프로젝트로 제안되어 있다

3. 결 론

가스터빈 엔진은 신뢰도, 연료의 다변성, 초기투자 설비의 저렴성 및 적은 점유공간의 이점으로 도시산업 동력원으로 그 중요성이 점차 인식되고 있으며 아울러 항공용 또는 산업용 가스터빈을 개발하기 위한 노력도 점차 활발해 지고 있다. 국내의 기초 산업기술이 어느정도 성숙의 단계에 이르고 또 고부가가치 산업인 항공 산업에 대한 국민의 관심이 높아진 현실을 감안할 때 가스터빈 산업육성에 대한 국가적인 지원은 아무리 강조해도 지나침이 없다 하겠다. 이러한 추세에 맞추어 국내외적으로 개발 추세를 알아보았으며 특히 미국의 Turbo Power & Marine Inc.(TPM)의 산업용 엔진 계열인 FT4000엔진의 개발에 중점을 두어 조사하였다. TPM의 FT4000 산업용 엔진이 이분야의 선두 주자인 GE, Siemens, Rolls-Royce 등의 제품들과 비교하여 성능면이나 경제성면에서 경쟁성있는 제품 개발에 노력하고 있음을 엿

볼 수 있다. TPM의 이같은 경쟁력은 항공용 가스터빈 분야에서 세계 최첨단인 자회사 P&W의 기술력에 힘입은 바 크다 하겠다. 현재 가스터빈 기술의 최첨단인 미국이 에너지성 장관의 ATS (Advanced Turbine Systems)와 정부기관 및 각 산업체 장관의 CAGT(Collaborative Advanced Gas Turbine) 등을 통하여 기술력 향상에 노력하고 있고 프랑스의 터보메카가 열병합 발전용 가스터빈개발을 위하여 약 1,400억원을 투입하고 독일의 과학기술처가 74KW급 차량용 가스터빈 개발을 위해 420여억원을 투자한 상황을 돌아볼때 국내에서도 국가적 차원에서 항공산업 기술 육성을 위한 배가의 노력으로 첨단 산업 분야의 국가 경쟁력을 키워야 할 때라 생각된다.

참 고 문 헌

1. Irwin Stambler, "Next Generation Superfans Could Plug Electric Utility Capacity Gaps", Gas Turbine World, May-June, Vol23, No.3, p.46~54, 1993.
 2. Michael Valenti, "Propelling Jet Turbines to New Uses", Mechanical Engineering, March 1993.
 3. Victor de Biasi, "Next Generation Gas Turbine Designs Taking Shape in ATS, CAGT Programs", Gas Turbine World, November-December 1993.
 4. Unpublished Turbo Power Marine System Inc. Notes, "FT4000 Technical Review".
 5. 홍 용식, "Gas Turbine Engine", 2판, p.441~464. 1993.
 6. International Gas Turbine Institute, The Design of Gas Turbine Engines-Thermodynamics and Aerodynamics, p.409-427.
1. Irwin Stambler, "Next Generation Superfans