

성능해석을 위한 터보프롭 엔진의 SIMULINK[®] Modeling

노홍석**, 기자영**, 공창덕*

SIMULINK[®] Modeling of Turboprop Engine for the Performance Analysis

C. D. Kong*, H. S. Roh**, J. Y. Ki**

초 록

SIMULINK[®]를 이용하여 항공기용 터보프롭 엔진을 모델링한 후 현재 KT-1의 추진기관인 PT6A-62 분리축 터보프롭엔진의 성능을 해석하였다. SIMULINK[®] 모델의 검증을 위하여 상용 해석프로그램인 GASTURB와 비교한 결과 최대오차율 1.07% 이내로 확인되었다. 지상정지 조건에서 블리드 공기유량을 0에서 5%, 보기류 구동에 따른 출력손실을 0에서 20 hp로 가정하고 해석한 결과 추마력은 최대 0.68% 감소하며 비연료소모율은 거의 영향을 받지 않음을 알 수 있었다.

1. 서 론

일반적으로 새로운 엔진의 개발을 위해서는 엔진의 성능을 모사할 수 있는 프로그램이 필요하다. 이러한 성능해석 프로그램은 개발단계에서의 위험도를 줄여주며 각종 실험을 대신함으로써 개발비의 절감효과도 가져온다. 또한 엔진이 어떻게 작동할 것인가에 대한 이해력이 증대된다. 선진국에서는 이미 이러한 모사기술을 70년대 초반부터 연구해 왔으며 모사기술은 퍼스널 컴퓨터의 발달과 함께 갈수록 정교해지고 있으며 많은 실험을 대신하고 있다.

선진국의 가스터빈 엔진의 성능모사에 관한 연구는 1970년대의 다양한 형태의 항공기용 터보제트 엔진과 터보팬 엔진의 정상상태 및 천이 상태 성능을 해석할 수 있는 DYNGEN 프로그램이 개발되었다.¹⁾ 1990년대에 들어와서는 사용 중인 엔진의 성능을 실시간으로 파악하기 위한 프로그램 개발과 신경회로망 등의 최신이론을 적용하여 보다 정교한 성능예측이 가능하도록 하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. 특히,

사용자들에게 편의를 제공하기 위해 GUI 기법을 이용한 프로그램들이 개발되고 있다.

1993년에는 TURVIS(TURbolog VISual) 프로그램을 이용, 블록단위로 구성된 2축 산업용 가스터빈을 위한 동적 모델러시스템이 Blotenberg에 의해 개발되었다.³⁾ 1996년에 Bettocchi 등은 SIMULINK[®]를 이용하여 모듈화된 1축 산업용 가스터빈의 비선형 동적 시스템을 개발했고 Crosà와 Pittaluga 등도 SIMULINK[®]를 이용하여 공업용대형가스터빈을 위한 동적시스템을 개발했다.⁴⁾ 또한 GUI 기법을 이용한 GASTURB라는 프로그램이 상용화되어 널리 이용되고 있다. 국내에서도 1990년대 초 가스터빈 엔진의 개발과 함께 시작되어 90년대 중반이후 국내의 항공기 개발사업과 함께 항공기 신뢰성에 가장 큰 영향을 미치는 엔진의 성능해석에 대한 중요성이 증대되었다. 그러나 최근 GUI기법에 의한 프로그램의 개발은 미흡한 실정이다.

이에 본 연구에서는 SIMULINK를 이용한 항공기용 터보프롭 엔진을 위한 성능해석 프로그램을 개발하여 PT6A-62 엔진에 적용하였고 프로그램의 검증을 위하여 고도, 비행마하수에 따른 해석결과를 엔진 제작사에서 상용 성능해석

* 조선대학교 우주항공공학과 (Chosun University, Dept. of Aerospace Eng.)

** 조선대학교 대학원 항공우주공학과 (Chosun University, Graduate School, Dept. of Aerospace Eng.)

프로그램인 GASTURB의 해석결과와 비교하였다.

2. 본 론

2.1 연구대상 엔진

연구대상 엔진으로 축마력 1150 HP급인 PT6A-62 분리축 터보프롭엔진을 선정하였다. 이 엔진의 개략도는 Fig.1과 같다. 이 엔진은 가스발생기와 동력부로 구성되어 있으며 가스발생기는 오일펌프, 시동 발전기 및 유압펌프를 구동한다. 동력터빈은 가스 발생기부와 기계적으로 분리

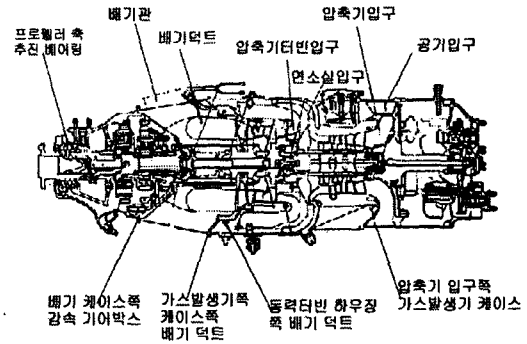


Fig. 1 Study Engine Layout

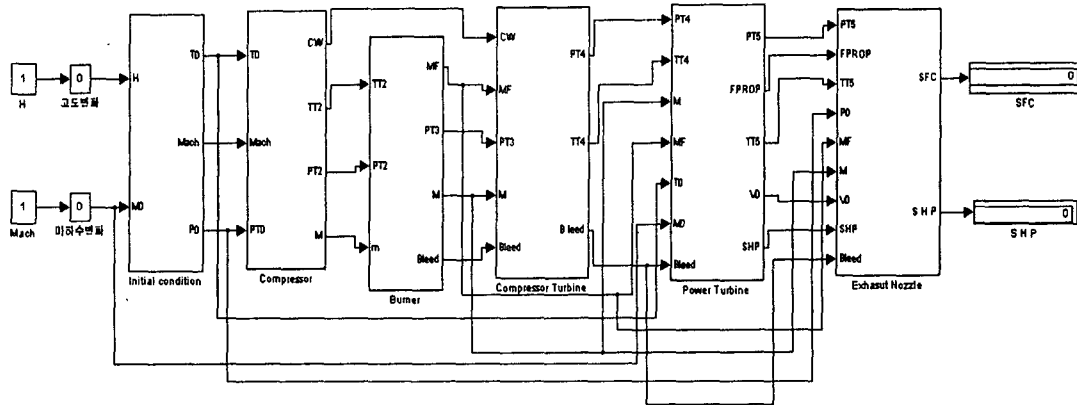


Fig 2. SIMULINK 모델

되어 있으며 연소기 및 압축기 터빈을 거친 연소 가스에 의해 구동된다, 또한 감속기어를 통하여 가변피치 프로펠러를 구동하며 프로펠러의 회전수는 2000 RPM으로 일정하게 유지된다.

2.2 SIMULINK® 엔진 모델링

본 연구에서는 SIMULINK를 이용하여 Fig 2와 같이 터보프롭엔진을 모델링한 후 성능을 해석하였다. SIMULINK 모델을 각 구성품별로 구성하였으며 각 구성품은 Fig.3.과 같이 구성되어 있다. 이때 가정된 구성품 효율은 Table.1.과 같다

Table 1. 연구대상 엔진의 구성품 효율

구성품 효율	PT6A-62
압축기효율	0.86
연소기 효율	0.97
압축기터빈효율	0.91
동력터빈효율	0.9
가스발생기 축 기계효율	0.97
프로펠러 축 기계효율	0.97

2.3. 성능해석

지상정지조건일 때, 블리드 공기유량을 0부터 5%까지 1%간격으로 성능을 해석 한 후 GASTURB 해석결과와 비교하였으며 결과는 Table 2 및 Fig. 3,4와 같다. 비교결과를 살펴보면 최대오차를 1.07% 이내로 프로그램의 신뢰성을 검증할 수 있었으며 블리드 공기 손실이 커짐에 따라 최대 %의 축마력 손실이 발생함을 알 수 있었다. 그러나 비연료 소모율은 거의 영향을 받지 않는 것을 알 수 있었다.

Table 2. 블리드 공기손실에 따른 성능변화

블리드 유량(%)	변수명	GasTurb	SIMULINK	오차율 (%)
0	SFC	0.34331	0.343015	0.086
	SHP	1149.99	1152.57	0.22
1%	SFC	0.343311	0.34377	0.134
	SHP	1138.49	1138.53	0.003
2%	SFC	0.343315	0.344547	0.358
	SHP	1126.98	1124.49	0.221
3%	SFC	0.343312	0.345343	0.59
	SHP	1115.50	1110.45	0.45
4%	SFC	0.343317	0.346158	0.827
	SHP	1103.98	1096.42	0.68
5%	SFC	0.343314	0.34699	1.07
	SHP	1092.49	1082.38	0.9

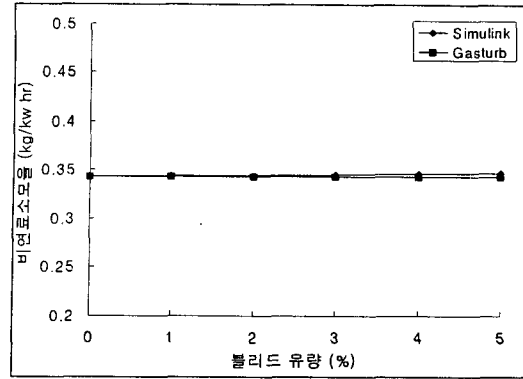


Fig 3. 블리드유량변화에 따른 비연료소모율

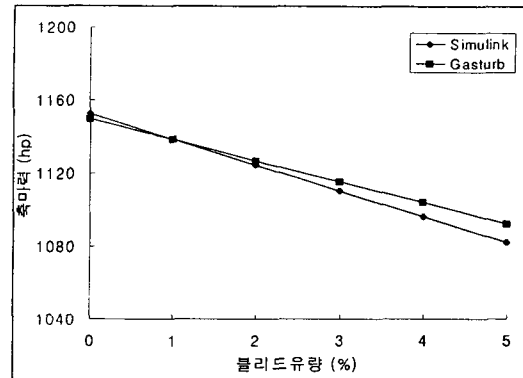


Fig 4. 블리드 유량변화에 따른 축마력

Table 2. 블리드 공기손실에 따른 성능변화

출력 손실	변수명	GasTurb	SIMULINK	오차율 (%)
0	SFC	0.343315	0.343015	0.087
	SHP	1149.99	1152.57	0.22
5hp	SFC	0.344798	0.344938	0.04
	SHP	1145.04	1146.14	0.096
10hp	SFC	0.346294	0.346436	0.041
	SHP	1140.1	1141.18	0.094
15hp	SFC	0.347803	0.347950	0.042
	SHP	1135.17	1136.22	0.092
20hp	SFC	0.349326	0.349482	0.45
	SHP	1130.2	1131.24	0.09

다음 블리드 공기유량을 0으로 고정시키고 보기류 구동을 위한 출력손실을 0, 5, 10, 15, 20 hp로 가정하고 해석을 수행한 후 GASTURB 해석결과와 비교하였다. 비교 결과는 Table 3 및 Fig 4,5와 같으며 GASTURB와의 최대오차는 % 이내로 프로그램의 신뢰성을 검증할 수 있었

다. 출력손실이 커짐에 따라 최대 %의 축마력 손실이 발생하였으나 비연료 소모율은 거의 영향을 받지 않는 것을 알 수 있었다.

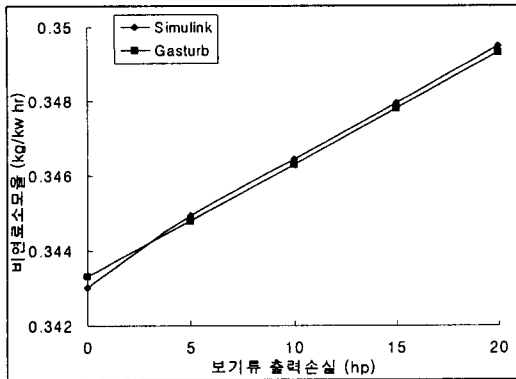


Fig 5. 보기류 출력손실에 따른 비연료소모율

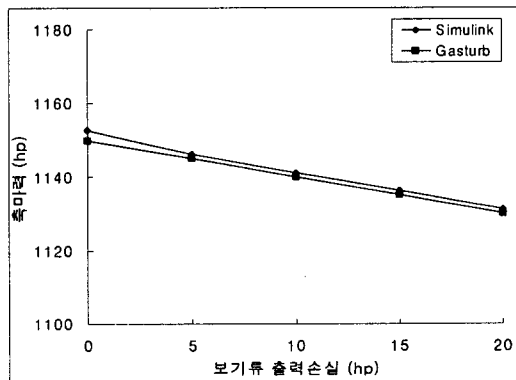


Fig 6. 보기류 출력 손실에 따른 축마력

3.결론

SIMULINK[®]를 이용하여 항공기용 터보프롭 엔진을 위한 프로그램을 개발하여 현재 KT-1의 추진기관인 PT6A-62 분리축 터보프롭엔진의 브리드 공기 손실과 보기류 출력 손실에 따른 성능을 해석하고 GASTURB 와 비교하였다. 비교 결과 최대 오차율 1.07% 이내로 프로그램의 신뢰성을 검증할 수 있었다. 브리드공기 손실과 출력손실에 따른 성능을 살펴보면 축마력은 최대 0.68% 감소하며 비연료소모율은 거의 영향을 받지 않음을 알 수 있었다.

추후 탈설계점의 성능해석과 천이상태의 성능해석이 뒤따라야 할 것으로 사료된다.

후 기

이 논문은 2001년도 두뇌한국 21사업에 의하여 지원되었고 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. Sellers, J. F., and Daniele, C. J., "DYNGEN - A Program for calculating Steady-State and Transient Performance of Turbojet and Turbofan Engines", NASA TN D-7901, 1975
2. Changduk Kong, Jayoung Ki, Kwangwoong Koh, "Steady-state and Transient Performance Simulation of a Turboshaft Engine with Free Power Turbine, ASME Turbo Expo 99 Conference, 1999
3. Blotenberg, W., "A Model for the Dynamic Simulation of a Two-shaft Industrial Gas Turbine with Dry Low Nox Combustor", ASME 93-GT-355
4. G. Crosa and F. Pittaluga et al., "Heavy-Duty Gas Turbine Plant Aerothermodynamic Simulation Using Simulink", Transaction of the ASME, 1998
5. Sog-kyun KIm, "Gas Turbine -Dynamic Simulation Using SIMULINK^R", MSc Thesis, SME, Cranfield University, 1999
6. Mathworks, "SIMULINK: Dynamic System Simulation for MATLAB, Ver.2", The Math Works, Inc., USA, 1997
7. MacMillan, W.L., "Development of a Modular Type Computer Program for the Calculation of Gas Turbine Off Design Performance", Ph.D. Thesis, Cranfield University, United Kingdom, 1974