

# 중형항공기용 터보팬 엔진의 실시간 선형모사 및 LQR 제어에 관한 연구

## A Study on Real-Time Linear Simulation and LQR Control for Mid Scale Commercial Aircraft Turbofan Engine

공창덕 · 고광웅 · 기자영

조선대학교

중형항공기용 터보팬 엔진의 성능모사와 LQR 제어기 설계에 대한 연구를 수행하였다. 동적 성능모사를 설계점으로 선정한 지상최대이륙조건과 탈설계점으로 선정한 최대 상승조건과 순항조건에 대하여 Step 증가, Ramp 증가, Ramp 감소, Step 증가 후 Ramp 감소의 4가지 연료공급에 조건에 대하여 수행되었다. 성능모사 결과 모든 비행조건에서 연료를 Step 증가시킬 경우 고압터보빈의 입구온도가 제한온도인  $3105^{\circ}\text{R}$ 을 초과함을 확인하였고, 최대 상승조건에서 연료를 Step 증가시킬 경우가 4.5초 이내에 Ramp 증가시킬 경우 고압압축기에 서지가 발생함을 확인하였다. 따라서 고압터보빈의 오버슈트와 고압압축기의 서지를 동시에 제어할 수 있는 다변수 제어기의 설계가 필요함을 확인하였다.

제어기 설계를 위해서는 비선형 엔진을 선형화하는 과정이 필요하며, 비선형 거동에 근접하는 선형모델의 구성을 위해 저압압축기 로터의 수정회전속도의 함수로 시스템 행렬을 구성하는 실시간 선형모사를 수행하였다. 시스템 행렬은 저압압축기의 수정회전속도를 공회전 상태인 70% RPM에서 100% RPM까지 5% 간격으로 계산하였고, 저압압축기 로터의 수정회전속도에 따라 최소자승법을 이용해 보간하여 선형모사를 수행하였다. 비선형 모사와 비교한 결과 정상상태의 오차가 10% 미만으로 타당성을 확인할 수 있었다.

설계점인 최대이륙조건에 대하여 연료의 Step 증가의 경우에 대하여 LQR 제어기 설계를 수행하였다. 제어입력변수로 연료유량과 고압압축기의 블리드 용기유량을 가정하여 제어기를 설계한 결과 고압터보빈의 입구온도의 오버슈트를 완전히 제거하였고, 고압압축기의 서지여유를 0.75이하로 충분히 확보하였다. 또한 비연료소모율도 0.355에서 0.43으로 안정적인 경향을 보임을 확인하였다.