

## 가스터빈 엔진 정비 의사결정 지원시스템 개발

기자영\* · 강명철\* · 이명국\* · 노홍석\*

### A Development of Maintenance Decision Support System for Gas Turbine Engine

Jayoung Ki\* · Myoungcheol Kang\* · Myungkuk Lee\* · Hongsook Rho\*

#### ABSTRACT

The solution of maintenance decision support system for the gas turbine engine, which is currently operating in GUNSAN combined cycle power plant, was developed and is consist of online monitoring module, periodic performance trending module, optimal compressor washing interval analysis module and hot component management module. Also, GUI platform was applied to this solution for the user to monitoring the analyzed result of engine performance condition and then to make a decision of the consequent maintenance action.

In online condition monitoring module, the performance degradation of engine is provided by the analysis of difference between the real time measurement data compared to exist engine performance. The optimal compressor washing interval module produced the washing interval of maximum net profit value by researching the maintenance expense and the loss profit value corresponds to the performance degradation with economic assessment algorithm.

Thus, this solution support the user to enable the optimal maintenance and operation of gas turbine engine with overall analysis of engine condition and main information.

#### 초 록

군산 복합화력 발전소에서 운용중인 가스터빈 엔진의 정비 의사 결정을 지원하기 위한 솔루션을 개발하였다. 솔루션은 온라인 상태감시, 기간별 성능 경향분석, 최적 압축기 세정주기 분석, 고온부품 관리 모듈로 구성되어 있다. 운용자가 엔진의 상태 분석 결과를 쉽게 모니터하고 그에 따른 정비의사를 결정할 수 있도록 GUI 플랫폼을 적용하였다.

온라인 상태감시 모듈에서는 기준 성능 대비 실시간 계측데이터의 차이를 분석하여 엔진의 성능저하율을 가시적으로 제시한다. 최적 압축기 세정주기 분석 모듈에서는 경제성 평가 알고리즘을 통해 정비 소요 비용과 성능 저하에 따른 비용 손실의 분석을 통해 순이익이 최대가 되는 세정주기를 제시한다.

엔진의 상태 및 주요 정보를 종합적으로 분석하여 제공함으로써 최적 정비 및 운용이 가능하도록 의사 결정을 지원한다.

Key Words: Gas Turbine Engine(가스터빈 엔진), Compressor Washing Interval(압축기 세정주기)  
On-line Health Monitoring(온라인 상태감시), Performance Trend Analysis(성능경향분석)

## 1. 서 론

국내 복합화력 발전소에서 운용중인 가스터빈 엔진은 설치부터 운용까지 엔진제작사에 의존하고 있다. 이로 인해 가스터빈 정비 및 운용에 관한 데이터의 관리가 체계적으로 이루어지지 않고 있으며, 정비와 관련해서도 국내 운용 환경과 엔진 상태를 반영하지 못하고 제작사의 지침서에만 의존하고 있다. 이는 국내 가스터빈 개발을 위한 기반 기술 확보에도 저해되며 과도한 정비 비용의 지출 또는 비효율적인 시스템 운용을 가져올 수 있다.

한국서부발전에서는 국내 최초로 군산발전소에 도입된 1500℃급 가스터빈 엔진의 경우 운용 초기부터 체계화된 시스템 운용 관리와 정비 계획에 대한 국산 솔루션 개발을 도입하여 정비, 운용에 관한 국내 독자 기반 기술을 확보하고 운용비용을 절감하기 위한 프로젝트를 진행하고 있다.

이에 본 연구에서는 가스터빈 엔진의 온라인 상태감시, 성능저하율 분석, 기간에 따른 성능 경향 분석, 최적 압축기 세정주기 예측 알고리즘 개발, 고온부품 최적 관리 프로그램으로 구성된 통합 정비 의사결정 지원시스템을 개발하였다. 해석 및 분석 결과는 GUI 플랫폼을 통해 운용자에게 정보를 제공하며 기본적인 정비 지침을 제안한다.

## 2. 연구개발 대상 엔진

군산 복합화력 발전소에서는 미츠비사에서 개발한 MHI501G 모델 2기를 운용 중에 있다. MHI501G는 국내 최초의 터빈입구온도 1500℃급 엔진으로 17단 압축기와 16개 연소실, 4단 터빈으로 구성된 단축 가스터빈 엔진이다. 이 엔진의 정격 출력은 250MW이며 열효율은 35%로 설계점 성능은 표 1과 같다[1].

\* (주)이지가스터빈

† 교신저자, E-mail: young@ezgtc.com

Table 1. MHI501G Design Performance

성능변수	설계점 성능
공기유량(kg/s)	586.1
압축기 출구온도(℃)	451
압축기 압력비	21
연료유량(kg/s)	13.456
터빈 입구온도(℃)	1500
터빈 팽창비	18.67
배기가스온도(℃)	609.7
출력(MW)	258.1
열효율(%)	35.06

## 3. 정비 의사결정 지원시스템

정비 의사결정 지원시스템은 가스터빈 성능감시 모듈, 경향분석 모듈, 압축기 세정주기 관리 모듈, 고온부품 관리 모듈, 엔진 상태를 종합적으로 분석하여 정비 지침을 제안하는 정비의사지원 모듈로 구성되어 있다.

가스터빈 성능감시 모듈에서는 실시간으로 계측되는 엔진 성능과 그 데이터를 이용하여 계산된 성능을 출력한다. 또한 엔진 성능 모델링을 통해 인수시험 데이터를 기반으로 한 기준성능을 계산하고 기준 성능 대비 실시간 계측 성능의 차를 분석한다. 기준 성능은 오버홀 등을 통해 엔진의 성능이 달라지게 되면 사용자에게 의해 재설정 할 수 있도록 프로그래밍 되어 있다. 성능감시 모듈에서는 엔진 출력 및 배기가스 온도가 엔진 보호 제한값을 초과하게 되면 알람을 제공하는 기능도 포함된다. Figure 1은 성능감시 모듈의 메인창을 보여준다[2].

기준 성능을 계산하는 성능모델링 부분에서는 On-line 모드를 선택하게 되면 계측데이터를 기반으로 엔진 성능을 계산하고, Off-line 모드에서는 임의의 운용 조건에 따른 엔진 성능을 계산하고 시뮬레이션 할 수 있다. 또한 연료조성비에 따른 발열량을 계산하여 적용함으로써 보다 정

확한 연소 성능을 예측할 수 있으며 압축기 블리드 공기를 이용한 냉각 성능을 모델링할 수 있도록 프로그래밍 되어 계산 결과의 정확성을 높였다. Figure 2는 엔진 성능모델링 부분의 계산창을 보여준다[3].

경향분석 모듈에서는 엔진 운용데이터를 서버로부터 로딩하여 기간별 성능 추이를 분석한다. 또한 제작사에서 제공한 성능추이 예측 곡선 대비 실제 성능변화 추이곡선을 비교하여 제시한다. Figure 3은 경향분석 모듈의 메인창을 보여준다[4].

압축기에서 오염이 발생하게 되면 효율이 저하되고 연료소모율이 증가되어 전체 운용비용의 상승을 가져온다. 하지만 세정에 따른 비용과 세정을 위해 엔진을 정지함으로써 발생하는 경제적 손실도 크기 때문에 적절한 세정주기의 관리가 필요하다. 이에 압축기 세정주기 관리 모듈에서는 정비에 소요되는 비용과 오염에 따른 성능저하에서 유발되는 손실비용을 계산하여 경제성이 가장 높은 세정주기를 제안한다[5,6]. 세정주기는 온/오프라인에 대해 계산되고 프로그램에서는 압축기 성능저하율을 반영하여 다음 세정주기를 제시한다. Figure 4는 압축기 세정주기 계산을 위한 데이터 입력창과 최적 세정주기 계산 결과를 보여준다.

고온부품 관리 모듈에서는 17개의 연소기, 터빈 관련 구성품을 구성하고 있는 터빈 노즐 및 블레이드를 포함한 세부 부품들의 정비이력, 재생수율, 정비 상황, 재고 파악, EOH 등을 관리한다. 각 부품별 잔여 EOH 정보를 제공함으로써 관련 정비 계획을 지원하며 윈도우 프로그래밍을 통해 운용자가 쉽게 정보를 파악하고 정리할 수 있도록 개발되었다. Figure 5는 고온부품 관리모듈의 메인창을 보여준다.

#### 4. 결 론

군산 복합화력 발전소에서 운용중인 MHI 501G 가스터빈 엔진의 엔진 상태정보를 제공하고 그에 따른 정비 의사결정을 지원하기 위한

시스템을 개발하였다. 이 시스템은 운용자의 편의를 위해 GUI 플랫폼을 기반으로 하고 있으며, 온라인 성능감시, 기준 성능 대비 성능저하 분석, 기간별 성능 추이 분석, 최적 압축기 세정주기 예측, 고온부품 정비 이력 및 재고 관리 기능을 포함하고 있다.

향후 개발된 시스템을 기반으로 가스터빈을 포함한 전체 플랜트에 대한 성능 감시 및 진단, 그에 따른 최적 정비 및 운용 지침을 포함한 발전 플랜트 관리 시스템의 국내 개발이 가능해질 것으로 기대된다.

#### 참 고 문 헌

1. "MHI501G 주기계약서", 한국서부발전, 2010
2. S. H. Kho, J. Y. Ki, M. Y. Park, C. D. Kong and K. J. Lee, "Development of Condition Monitoring Test Cell using Micro Gas Turbine Engine", ASME TURBO EXPO, 2009
3. Walsh, P.P. and Fletcher, P., "Gas Turbine Performance", Blackwell Science Ltd., 2004
4. C. D. Kong, S. H. Kho, J. Y. Ki, S. H. Oh and J. H. Kim, "Trend Monitoring of a Turbofan Engine for a Long Endurance UAV using Fuzzy Logic", KSAS International Journal, 2008, pp. 63~69
5. 장중철, 천창희, 최철, 김재철, "산업용 가스 터빈 압축기 세정 최적화", 한국동력기계공학회 춘계학술대회논문집, 2003, pp. 80~90
6. Hovland, G. and Antoine, M., 2004, "Economic Optimization of Gas Turbine Compressor Washing", Australasian Universities Power Engineering Conference, Brisbane, Australia



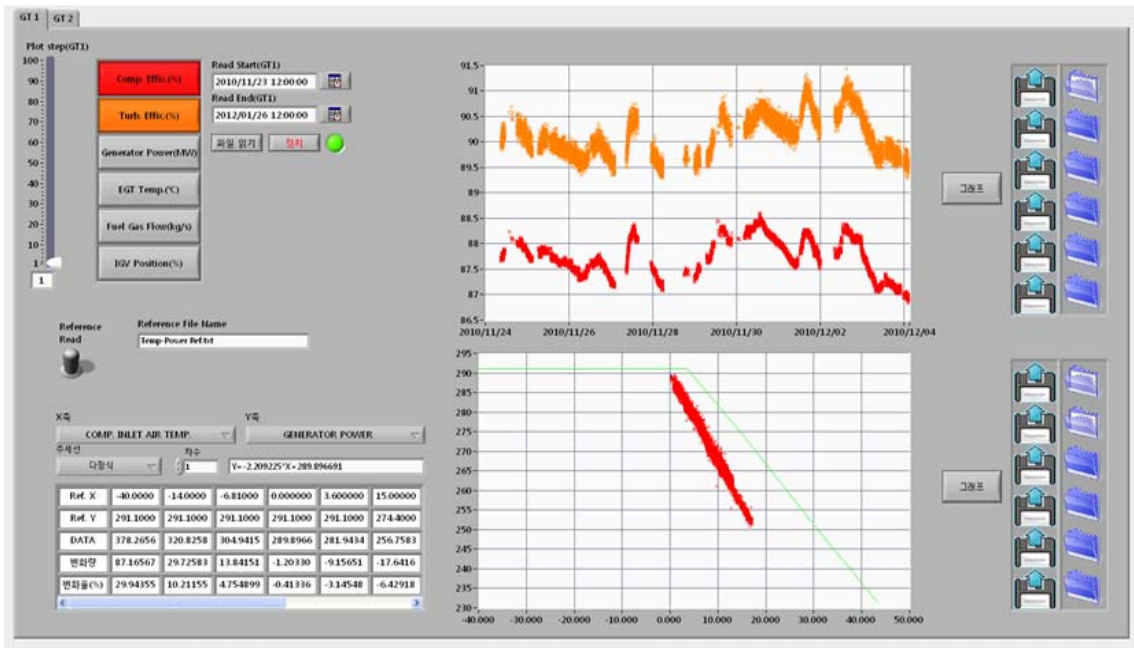


Fig. 3 Gas Turbine Trend Monitoring and Analysis Module Main Window

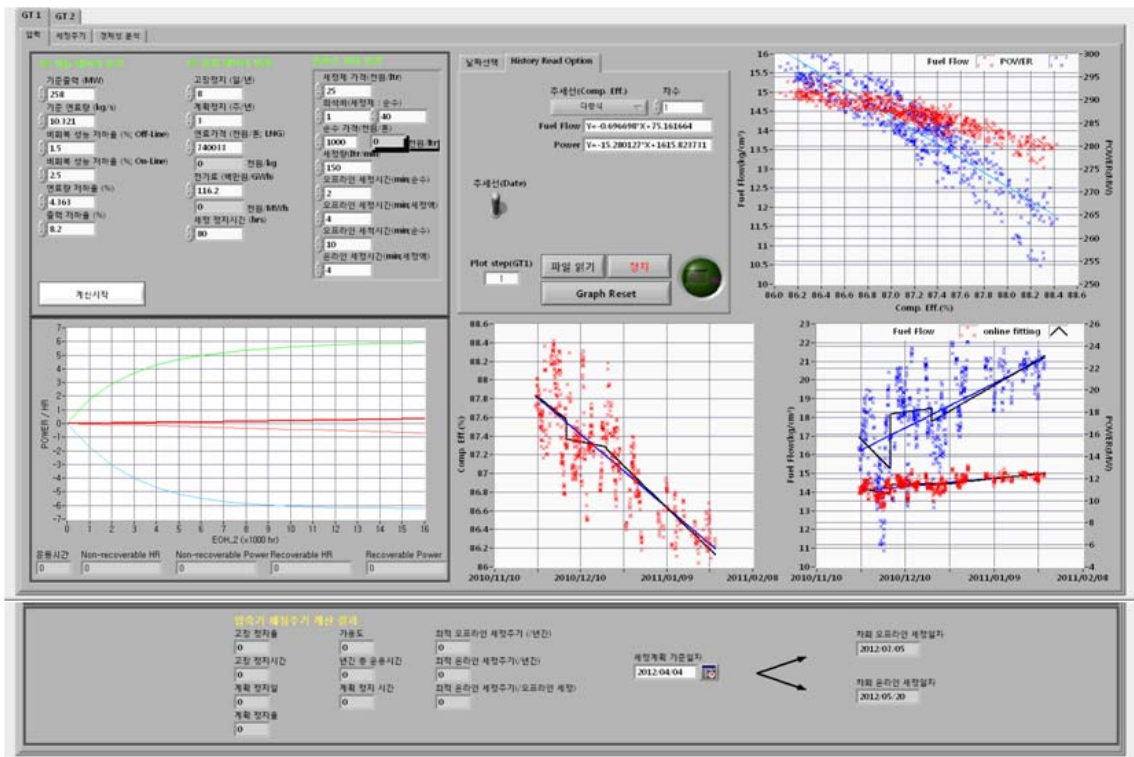
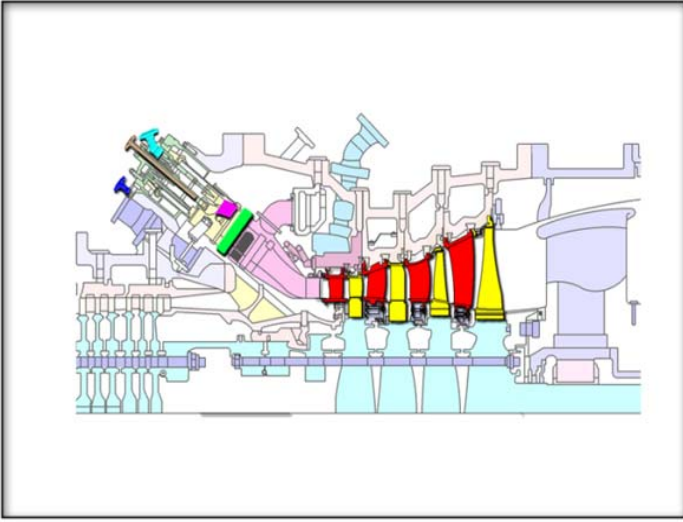


Fig. 4 Gas Turbine Compressor Washing Interval Optimization Module Main Window

홈메뉴 관리메뉴

메인뷰 현황보기
 Row 1-4 Blades
Row 1-4 Vanes
Combustion Swirler
Combustion Liner
Nozzle [Top HAT]
Nozzle[Main]
Nozzle[Pilot]
Row 1-4 Ring Segment
1호기
2호기
정비항
자재창고

메인뷰
종목보기
위치별 상세



분류	순번	EOH
#1 GT		
#2 GT		
- ROW 1 Blades		
2011-10-25 (첫번출장착)	1	4698
2011-10-25 (첫번출장착)	2	4698
2011-10-25 (첫번출장착)	3	4698
2011-10-25 (첫번출장착)	4	4698
2011-10-25 (첫번출장착)	5	4698
2011-10-25 (첫번출장착)	6	4698
2011-10-25 (첫번출장착)	7	4698
2011-10-25 (첫번출장착)	8	4698
2011-10-25 (첫번출장착)	9	4698
2011-10-25 (첫번출장착)	10	4698
2011-10-25 (첫번출장착)	11	4698
2011-10-25 (첫번출장착)	12	4698
2011-10-25 (첫번출장착)	13	4698
2011-10-25 (첫번출장착)	14	4698
2011-10-25 (첫번출장착)	15	4698
2011-10-25 (첫번출장착)	16	4698
2011-10-25 (첫번출장착)	17	4698
2011-10-25 (첫번출장착)	18	4698
2011-10-25 (첫번출장착)	19	4698
2011-10-25 (첫번출장착)	20	4698
2011-10-25 (첫번출장착)	21	4698
2011-10-25 (첫번출장착)	22	4698

Fig. 5 Gas Turbine High Temperature Component Maintenance Management Program Main Window