
LabVIEW 기반의 가스터빈 데이터 취득 시스템

강필순* · 차동진** · 정재화*** · 서석빈*** · 안달홍***

Gas Turbine Data Acquisition System based on LabVIEW

Feel-soon Kang* · Dong-Jin Cha** · Jae-Hwa Chung*** · Seok-Bin Seo*** · Dal-Hong Ahn***

본 연구는 전력산업연구개발사업에 의해 수행되었음.

요 약

본 논문에서는 LabVIEW 기반의 가스터빈 데이터 취득 및 모니터링 시스템을 제안한다. C-Tune DAS로 명명된 실시간 모니터링 시스템은 가스터빈의 유지/보수시 실시간 동작을 분석하는데 중요한 역할을 담당한다. LabVIEW 소프트웨어는 고유 기능별로 데이터 취득부, 데이터 분석 및 표시부, 데이터 저장부로 구성된다. 데이터 취득부를 통해 PMS 서버와 두 대의 cFP로부터 데이터를 취득한다. 복합화력 발전소의 상용 가스터빈에 적용하여 개발된 모니터링 시스템의 타당성을 검증한다.

ABSTRACT

This paper presents a gas turbine data acquisition and monitoring system using a LabVIEW programming. The developed real-time monitoring system entitled a C-Tune DAS plays an important role to make an analysis of the real-time operation of the gas turbine under maintenance. The LabVIEW based software is divided into three parts according to their original functions; Data acquisition, Data analysis and display, and Data storage. The data acquisition part receives data from a PMS (Plant Management System) server and two cFPs (Compact-Field Point). To verify the validity of the developed system, it is applied to gas turbines in the combined cycle power plant in Korea.

키워드

모니터링, 가스터빈, 데이터 취득, Compact-Field Point(cFP), Plant management system (PMS)

I. 서 론

일반적인 복합 화력발전소의 가스터빈은 외부로부터 흡입된 여과된 공기를 압축기에서 압축하고 천연가스(Natural Gas, NG) 연료를 예·혼합하여 연소기에서 연소시켜 고온고압의 연소가스를 얻고 이 연소가스의 팽창으

로 터빈을 회전시켜 연결된 발전기에서 전기를 발생시킨다. 이 때 터빈에서 팽창된 연소 가스는 배기 duct를 통하여 바이패스 연돌 또는 배열회수 보일러(HRSG)를 거친 후 주연돌을 통하여 대기로 배출된다. 그림 1은 가스터빈 중 2단 연소 시스템을 채택한 상용 가스터빈의 개략적 절단면을 보여주고 있다. EV 연소기 및 SEV 연소기로 구성

* 한밭대학교 제어계측공학과
** 한밭대학교 건축설비공학과
*** 한국전력연구원 연소열공학그룹

되어 있고, 각각의 직·후단에 고압터빈(HPT)과 저압터빈(LPT)이 위치하고 있다.

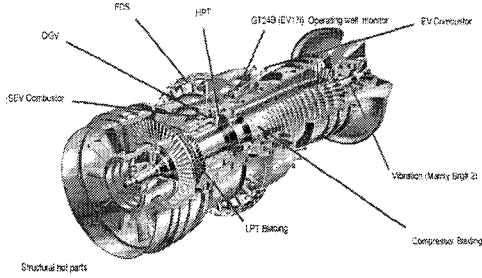


그림 1. 가스터빈 단면도
Fig. 1 A cross section of gas turbine

가스터빈의 안정적 동작을 실시간으로 감시, 진단하기 위하여 각 주요 부위에는 온도, 압력, 유량, 연소진동, RPM 등의 센서들이 취부 되어 있으며, 이들 센서로부터 취득된 모든 데이터들은 PMS (Plant management System) 서버에 취합되어 관리, 운영된다. 또한 노후화된 가스터빈 부품의 교체 및 이상 징후 등의 사전 발견을 위한 정기, 수시 점검이 실시되며 이 때 가스터빈의 각 파라메타의 튜닝을 위한 시운전이 실시되며, 이 경우 정확하고 효율적인 작업을 위해 연소튜닝 시스템이 활용된다. 국내 상용 가스터빈의 경우 대표적인 연소튜닝 장비로 ProDAS (Process Data Acquisition and Analyzing System)가 이용된다[1,3]. 알스톰사의 ProDAS의 경우 주요 기능들이 보안을 통해 엄격히 관리되고 성능 업그레이드 시 상당한 경제적 부담이 있어 국내 자체 기술의 개발이 시급한 실정이다.

따라서 본 논문에서는 기존의 연소튜닝 장비를 대체할 수 있는 새로운 가스터빈 데이터 취득 및 모니터링 시스템을 제안하고 기존의 상용 ProDAS를 구성하는 H/W 및 S/W의 구조 및 성능과 비교하여 개발된 C-Tune DAS의 실용화 가능성을 검증한다.

II. 본 론

상용 ProDAS는 가스터빈의 시운전을 위한 표준장비로 시운전 엔지니어에게 요구되는 정확하고 주요한 모든 데이터를 제공 (약 270 신호처리 및 산정)하여 가스터빈

의 효율적 시운전과 안전을 도모하는 역할을 한다. 즉 ProDAS의 주요기능은 냉각공기량의 측정 및 산정, 주요 운전변수 값 지시, 가스터빈의 안정조건 검증, TIT 검증, 열정산(효율) 산정, 시운전 시 측정치의 평균 및 프로토콜, 및 기준 지시치의 평균값의 산정이다[3].

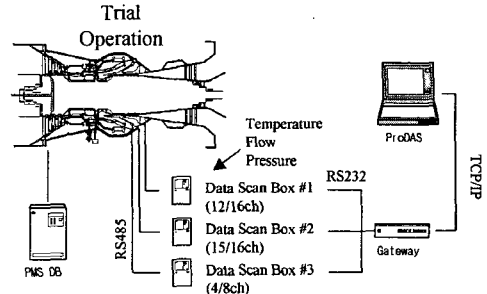


그림 2. ProDAS 구성도
Fig. 2 ProDAS structure

그림 2는 가스터빈의 시운전시 ProDAS의 하드웨어적 구성을 나타낸다. 시운전시 가스터빈의 기본 동작 성능을 보장하기 위하여 가스터빈의 PMS 서버로부터 기본 운전 데이터를 취득하게 되고, 시운전 되는 가스터빈에 취부된 센서로부터 주요 데이터들을 3대의 Data Scan Box를 통해 입력 받게 된다. ProDAS는 전송받은 데이터를 이용하여 필요한 연산을 통하여 튜닝에 요구되는 적절한 값의 파라미터를 산정하게 된다. Data Scan Box는 가스터빈의 각 주요부위에 설치된 온도, 압력, 유량센서 등으로부터 실시간 데이터를 취득하게 되며, 이들 데이터는 RS232 통신에 의해 ProDAS로 전송된다. 각 센서들은 HART protocol을 적용하여 4-20 [mA]를 출력하게 되며, 이들 전류값은 Weight factor에 따라 변환되어 처리되어 실제 값을 출력하게 된다. ProDAS는 Windows 95의 OS환경에서 National Instrument사의 BridgeView 프로그램으로 작성되었다.

상용 ProDAS의 경우 하드웨어의 구성이 다소 복잡하며, 내부적으로 소프트웨어의 구성이 복잡하여 동작속도가 떨어지며, 시운전 대상 가스터빈을 변경할 경우 환경설정이 매우 까다로운 단점이 있다. 이들 문제를 해결하기 위하여 본 논문에서는 개선된 형태의 가스터빈 데이터 취득 및 모니터링 시스템을 제안하고 이를 C-Tune DAS (Combustion Tuning & Data Acquisition System)으로 명명하였다.

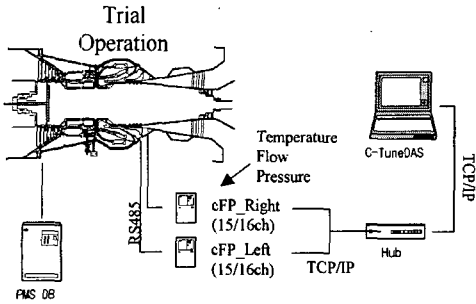


그림 3. C-Tune DAS 구성도
Fig. 3 C-Tune DAS structure

그림 3은 제안된 C-Tune DAS의 하드웨어 구성을 나타낸다. 두 대의 cFP (Compact-Field Point)를 이용하여 기존의 RS232 통신 체계를 장거리 전송에도 우수한 특성을 가지는 TCP/IP 기반의 통신 체계로 변경하였고, PMS 서버에 접속하여 데이터를 전송 받는 속도를 향상시켰다. 소프트웨어의 경우 ProDAS의 기본적인 동작은 물론 가스 터빈 변경 접속시의 환경설정의 용이성, 간결성, 웹-기반 모니터링 서비스 제공 등의 다양한 부가적 기능을 추가하였다.

그림 4는 C-Tune DAS의 메인 환경을 보여준다. Windows XP 환경에서 NI사의 LabVIEW ver. 7.1을 이용하여 설계하였다[4]. 현재시간 표시, 접속된 가스터빈 상태, 서브 메뉴로 이동할 수 있는 버튼과 주요 PMS 서버 데이터를 디스플레이 하는 부분으로 구성하였다. XY chart를 이용하여 Historical data를 표시하도록 구성하였고, XY chart의 buffer size는 필요에 따라 변경 가능하도록 설계하였다.

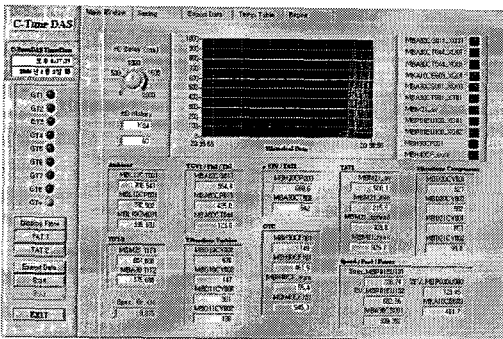


그림 4. C-Tune DAS의 메인화면
Fig. 4 Main display of C-Tune DAS

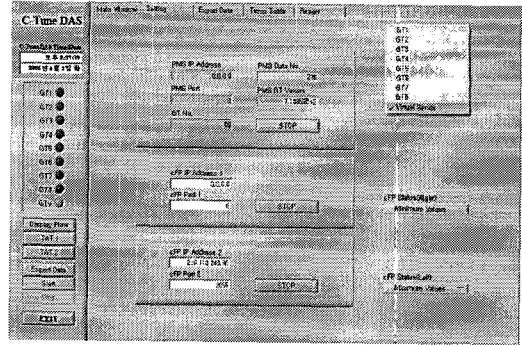


그림 5. C-Tune DAS의 환경설정
Fig. 5 Setting of C-Tune DAS

그림 5는 C-Tune DAS의 환경 설정부를 보여준다. PMS 서버, Left/Right를 구성하는 cFP의 접속 상태를 선택 스위치를 이용하여 편리하게 지정할 수 있다. 기존의 ProDAS에 비하여 간단하게 환경설정을 변경할 수 있는 장점이 있다.

그림 6은 ASCII 형태의 데이터를 Excel 파일에 저장하기 위한 데이터 저장부이다. 전체 325개의 주요 데이터를 원하는 실시간별로 저장시키는 기능과 일정 구간의 평균값을 자동 저장하는 기능을 추가하였다. 특히 325개의 데이터를 동시에 저장 시킬 경우 저장시간에 따른 시간차가 발생할 수 있기 때문에 3개의 Excel 파일에 각각 저장시키는 형태로 설계하였다.

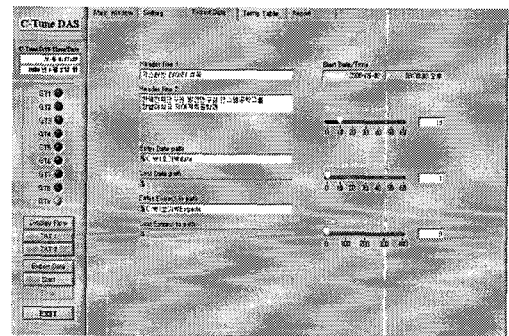


그림 6. C-Tune DAS의 데이터 저장부
Fig. 6 Data storage part of C-Tune DAS

그림 7은 Web 기반 실시간 보고서 작성을 위한 화면을 보여준다. HTML 형태로 작성하여 사용자의 편의성도 포함과 동시에 전체 데이터의 변화 추이를 구간별로 확인할 수 있는 기능을 추가하였다.

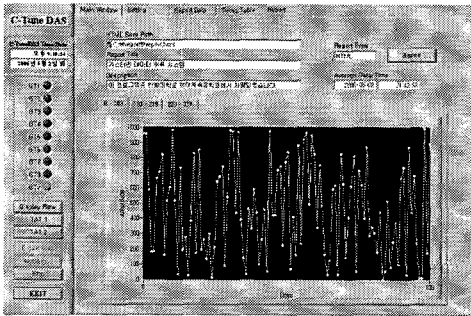


그림 7. C-Tune DAS의 보고서 형성
Fig. 7 Report generation of C-Tune DAS

그림 8은 HTML 보고서 출력 화면을 보여준다. 왼쪽에서 오른쪽으로 데이터를 업-데이트되며 전체 325개의 모든 데이터를 Web에 출력할 수 있다. 그림 9는 Excel에 저장된 ASCII 형태의 데이터를 보여준다. 가스터빈의 특성상 30초에 한번씩 데이터를 저장하도록 설계하였다. 각 Excel 파일은 저장 순간의 날짜와 시간 그리고 순차적으로 0, 1, 2를 첨부한 파일명이 default가 된다.



그림 8. HTML 리포터 생성 화면
Fig. 8 Generated report by HTML

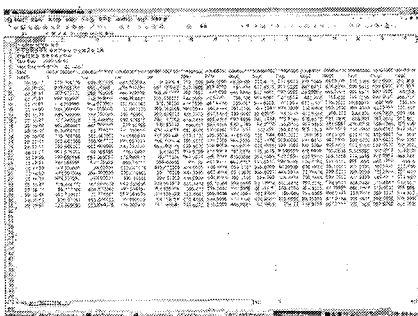


그림 9. 엑셀에 ASCII로 저장된 데이터
Fig. 9 ASCII data in Excel

그림 10은 그림 9에 저장된 데이터의 평균값 저장 결과를 보여준다. 평균값 저장 시간을 임의로 지정 가능하도록 설계하였다.

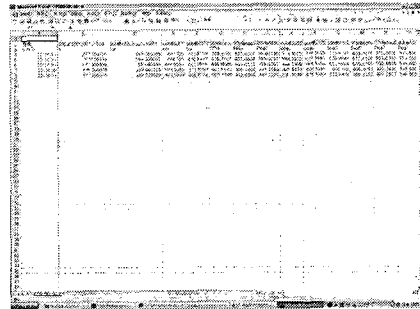


그림 10. 엑셀에 ASCII로 저장된 평균 데이터
Fig. 10 Averaged ASCII data in Excel

그림 11은 가스터빈의 주요부위의 실시간 데이터를 보여주는 화면으로 데이터의 소스는 PMS와 두 대의 cFP에서 센서로부터 취득된 데이터이다.

그림 12 (Show Trend)는 그림 11의 서브 메뉴로서 냉각 공기량 및 냉각공기의 온도 변화를 그래프로 표시하여 데이터의 변화를 한눈에 알아볼 수 있도록 구성하였다.

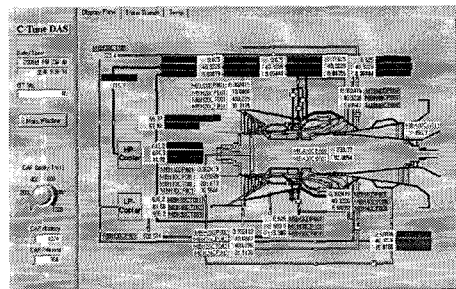


그림 11. 가스터빈 주요 데이터 표시
Fig. 11 Important data display in gas turbine

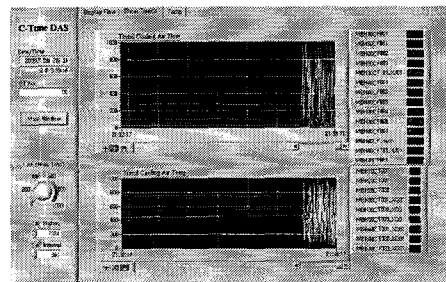


그림 12. 냉각공기량, 온도 표시부
Fig. 12 Display of cooling air and temperature

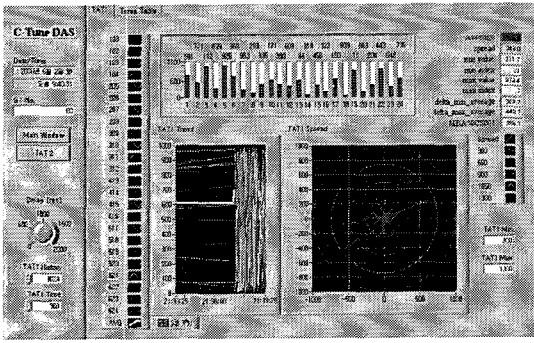


그림 13. 온도변화 표시 (TAT1)
Fig. 13 Display of temperature variation

그림 13과 그림 14는 각각 TAT1과 TAT2로서 가스터빈의 주요부위의 온도 특성을 보여준다. 각부의 평균, 최대, 최소, 표준편차 등의 계산 결과가 실시간으로 표시된다. 각 부위의 온도에 대한 최대값과 최소값의 설정이 실시간으로 가능하여 사용자의 관리 효율을 증대시켰다. 주요 데이터는 PMS로부터 전송된다.

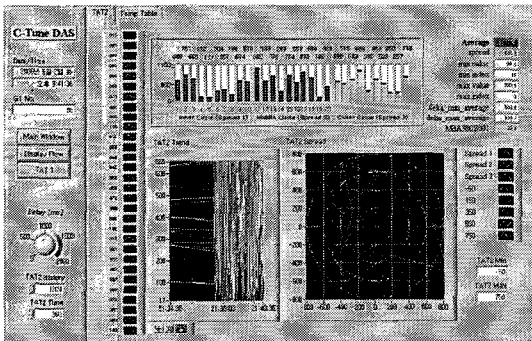


그림 14. 온도변화 표시 (TAT2)
Fig. 14 Display of temperature variation

표 1은 기존의 ProDAS와 C-Tune DAS의 H/W 구성 및 기능을 비교하였다. 제안된 C-Tune DAS가 보다 우수한 성능과 사용자를 위한 편의성을 강조하였음을 확인할 수 있다.

표 1. ProDAS와 C-Tune DAS의 비교
Table. 1 Comparison between ProDAS and C-Tune DAS

	ProDAS		C-Tune DAS
	Data Scan DA7327	Data Scan DA7221	cFP*2
사양	16 ch	8 ch	각 16 ch (Max 64 ch)
측정 물리량	유량 온도	온도	유량 온도/압력
신호의 구분	AI	AI	AI
신호의 종류와 범위	V	V	V or mV
센서의 종류	유량계 RTD	RTD	유량계/RTD
외부 인터페이스	RS485	RS485	TCP/IP

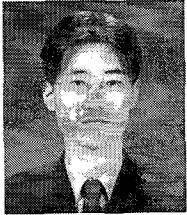
III. 결 론

본 논문에서는 LabVIEW 기반의 상용 가스터빈 데이터 취득 및 모니터링 시스템을 제안하였다. C-Tune DAS로 명명된 실시간 모니터링 시스템은 가스터빈의 시운전 시 실시간 동작을 분석하는데 중요한 역할을 담당한다. LabVIEW 소프트웨어는 고유 기능별로 데이터 취득부, 데이터 분석 및 표시부, 데이터 저장부로 구분된 C-Tune DAS는 사용자의 편의성과 데이터 취득/처리의 신뢰성을 강화시켰으며, 하드웨어 구성 역시 간결하게 구성하였다. 복합화력 발전소의 상용 가스터빈에 적용하여 개발된 모니터링 시스템의 타당성을 검증한 결과 제안된 시스템이 기존의 시스템과 비교하여 우수함을 검증하였다.

참고문헌

- [1] I. H. Boller et al., "ProDAS 1AHX610323," ABB Power Generation Ltd., Jan. 1998.
- [2] P. Gygas et al., "Commissioning Instruction 1AHX611881," ALSTOM Power Ltd., July 2001.
- [3] H. Boller, "ProDAS 1AHX610534," ABB Power Generation Ltd., Jan. 1998.
- [4] LabVIEW ver 7.1 User Manual, National Instruments, April 2003.

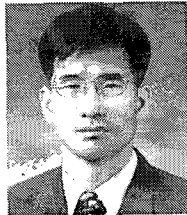
저자소개



강 필 순(Feel-soon Kang)

2000년 부산대학교 전기공학 (공학석사)
2003년 부산대학교 전기공학 (공학박사)

2004년 오사카대학 전기공학(Post-Doc.)
2004년~현재 한밭대학교 제어계측공학과 전임강사
※ 관심분야: 전력전자, 모니터링 시스템



정 재 화(Jae-Hwa Chung)

1983년 서울대학교 항공공학 (공학사)
1985년 KAIST 항공공학 (공학석사)

1992년 KAIST 항공공학(공학박사)
1997년~현재 한전 전력연구원 수화력발전연구소 연소 열공학그룹 선임연구원
※ 관심분야: 발전용 가스터빈



차 동 진(Dong-Jin Cha)

1981년 한양대학교 정밀기계공학 (공학사)
1983년 한양대학교 정밀기계공학 (공학석사)

1992년 일리노이대학교 기계공학(공학박사)
1982년~1987년 한국표준과학연구원 연구원
1993년~1996년 미국 에너지부 NETL연구소 연구원
1996년~1998년 한전 전력연구원 연구원
1998년~현재 한밭대학교 건축설비공학과 부교수
※ 관심분야: 발전용 가스터빈



서 석 빈(Seok-Bin Seo)

1988년 성균관대학교 농기계공학 (공학사)
2001년 충남대학교 기계공학 (공학석사)

1988년~현재 한전 전력연구원 수화력발전연구소 연소 열공학그룹 선임연구원
※ 관심분야: 발전용 가스터빈



안 달 홍(Dal-Hong Ahn)

1986년 부산대학교 물리학과 (공학사)
1993년 The University of Leed 연료 및 에너지공학과(공학석사)

2000년 The University of Leed 연료 및 에너지공학과(공학박사)
1976년~1988년 한국전력공사 발전부 직원
1988년~1997년 한전 전력연구원 수화력발전연구소 연소 열공학그룹 선임연구원
1997년~현재 한전 전력연구원 수화력발전연구소 연소 열공학그룹 책임연구원
※ 관심분야: 발전용 가스터빈, IGCC