

# 가스터빈 연소진동 감시장치 개발

## Development of a combustion oscillation monitoring system for gas turbines

서석빈† · 정재화\* · 이민철\*

Seo, Seok-Bin, Jung, Jae-Hwa, Lee, Min-Chul

### 1. 서 론

일반적으로 산업용 가스터빈에서는 연소 중에 발생하는 음향에 의해 연소기 내부의 압력변동, 즉 연소 진동이 발생하게 된다. 특히, 최근에는 가스터빈의 열적 NOx(Thermal NOx)를 저감하고자 희박예혼합연소를 하는 저 NOx 형 연소기가 채용되고 있는데, 이 저 NOx 형 연소기는 연소안정화 영역이 좁아 연소 진동이 발생하기 쉽다. 이때 발생하는 연소진동이 제한값 이상으로 높게 되면, 연소기 부품의 수명을 단축시킬 뿐만 아니라 가스터빈의 기계적인 큰 손상을 유발하게 된다. 따라서, 산업용 가스터빈에서 상시로 연소기 내부에서 발생하는 연소진동을 감시하는 것이 매우 중요하다.

본 연구에서는 가스터빈 연소기의 연소진동을 상시감시하기 위한 장치를 개발하고 산업용 가스터빈연소기에 적용한 내용을 기술하였다.

### 2. 본 론

#### 2.1 연소진동의 발생

희박예혼합방식의 가스터빈 연소기에서 연료공급변동 등에 의해 연소과정에서 열방출률이 변동하게 되면, 연소기내의 음향장의 급격한 교란을 발생시킨다. 이때, 발생한 연소기 압력변동, 즉, 연소진동이 연소과정의 열방출률의 변동과 동상(in phase)을 이룰 때 연소진동에너지를 가진시키며, 만일 이 에너지가 연소기에서 소멸되는 감쇄에너지보다 클 때 자발적인 연소진동 증폭을 가져오게 된다(식 1. Rayleigh 기준, Fig. 1)[1].

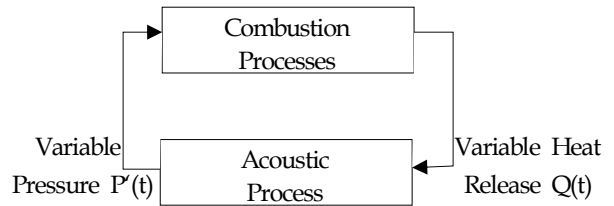


Fig. 1 A schematic of combustion oscillation.

$$\frac{1}{T} \int_0^T \int_V P'(x, t) \dot{Q}(x, t) dV dt > \text{acoustic losses} \quad (1)$$

#### 2.2 연소진동감시장치 개발

##### (1) 하드웨어 구성

가스터빈 연소기에서 발생하는 연소진동을 측정하기 위해 1/4" 도관을 연소기 외부 케이싱과 라이너를 관통하여 설치하고 이 관을 통해 연소기내부 연소진동이 외부의 센서로 전달되도록 하였다. 연소진동측정센서는 쿼츠(quartz) 재질의 압전 동압센서(piezoelectric dynamic pressure sensor)이며 연소진동에 의한 동압을 전기신호로 변환하여 계장부품으로 전송한다. Fig. 2는 본 연구에서 개발한 연소진동 측정장치의 구성도이다. 사용된 센서는 Pcb사의 M205 모델이며 측정보드는 NI 사의 PXI 4472 모델을 사용하였다. 이 장치에서 측정된 데이터는 유선 랜을 통해 원거리의 서버/DB PC 에 전송되어 데이터가 관리된다. 사용자는 서버/DB로 전송되는 실시간 데이터를 감시하고, DB에 저장된 히스토리 데이터를 검색할 수 있다.

##### (2) 소프트웨어 개발

연소진동을 감시하기 위해 (1) 연소진동측정 및 데이터전송프로그램(LabView™ 기반) (2) 원거리에서 데이터를 수신하여 데이터를 관리하기 위한 서버프로그램 (3) 사용자 감시를 위한 화면출력프로그램(바차트, FFT 차트 및 Trend 차트로 표시, Fig. 4)을 각각 개발하였다. 프로그램의 개요도는 Fig. 3과 같다.

† 한전전력연구원

E-mail : ssb1029@kepco.co.kr  
Tel : (042) 865-5354, Fax : (042)865-5345

\* 한전전력연구원

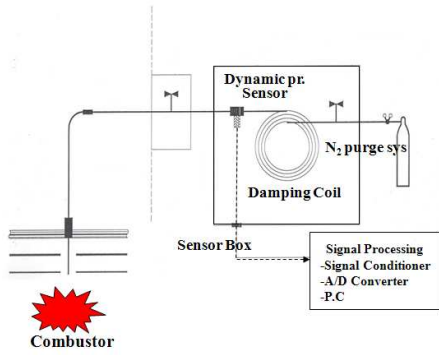


Fig. 2 The scheme of the measurement of combustion oscillation

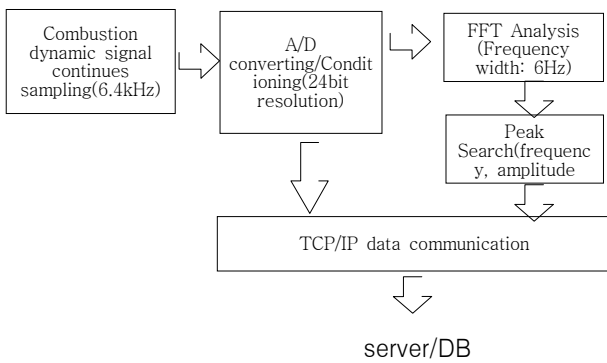


Fig. 3 The scheme of the combustion oscillation monitoring program



Fig. 4 The bar chart of the combustion oscillation monitoring

### 2.3 산업용 가스터빈의 연소진동 측정

본 연구에서 개발한 감시장치를 산업용 가스터빈 (GE 7FA 모델, 정격출력 170MW급)에 설치하여 연소진동을 측정하고 저부하 및 고부하에서의 연소진동의 특성을 분석하였다.

#### (1) 저부하 연소진동 특성

100MW 저부하에서 125 Hz, 131 Hz 주파수가 주요 피

크값으로 나타났다(Fig. 5). 이는 연소기의 형상을 고려할 때 축방향 1L mode 연소진동으로 판단된다.

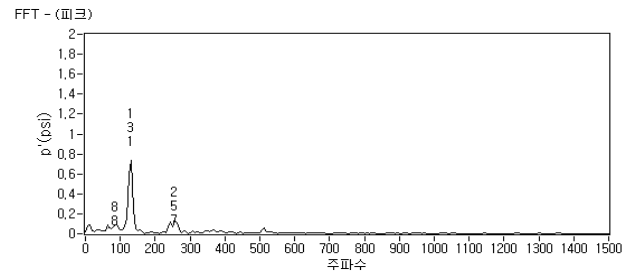


Fig. 5 30MW\_FFT Chart of the combustion oscillation on GE 7FA combustor

#### (2) 고부하 운전 중 연소진동 특성

120MW 이상 고부하에서 운전 중 연소진동은 131, 138, 144 Hz 의 주파수가 주로 피크값으로 나타났으며(Fig. 6), 저부하에서 나타난 축방향 1L 모드 연소진동이 연소온도 상승으로 피크 주파수가 약간 높게 이동되어 나타난 것으로 판단된다.

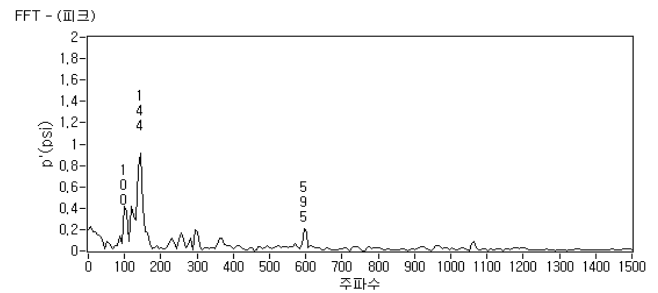


Fig. 6 171MW FFT Chart of the combustion oscillation on GE 7FA combustor

### 3. 결론

본 연구에서 산업용 가스터빈 연소기의 연소진동을 감시하기 위한 장치를 개발하였다. 개발된 장치를 이용하여 산업용 가스터빈연소기의 연소진동을 측정, 분석하였으며 연소기의 축방향 1L 모드 연소진동이 주요피크 값으로 나타났다.

#### 참고문헌

1. Rayleigh, J. S. W., 1945, "The Theory of Sound", Dover, New York, Vol.2, pp. 226.