

# 가스터빈에서 가스 배출구 케이싱 정렬과 저주파수 이상진동의 관계연구

## Abnormal Sub-synchronous Vibration Analysis of the Gas turbine bearing through the Gas exhaust Casing Alignment

김동관† · 김윤진\* · 박상호\*\* · 전진배\*\*\*

Dong Kwan Kim, Younjin Kim, Sangho Park and Jinbae Jeon

의 운전시간과 터빈의 체원은 Table 1 과 같다.

### 1. 서 론

국내에서 발전용으로 운영중인 가스터빈은 약 130 대에 이른다. 1990년대 초반부터 건설된 가스터빈은 운전시간이 경과 할수록 기기 열화에 의한 영향을 받고 있다. 고온에서 운전되는 가스터빈의 특성상 연소가스 배출 케이싱 부위에 있는 터빈 로타 지지 베어링에서의 진동발생은 열화된 가스터빈에 잠재하고 있는 공통된 문제점 중의 하나이다.

대형가스터빈의 진동 발생은 안정적인 전력 수급에 큰 영향을 주고 있으며, 국내에서 운영 중인 대형 가스터빈에서 10여 년 동안 주기적으로 발생하였던 저주파수(0.28X/ 16.8 Hz) 진동 저감 사례를 분석하여 연소 배출 케이싱 정렬의 중요성과 베어링 이상진동 해결 방안 중 하나를 제시하고자 한다.

### 2. 가스터빈 현황

#### 2.1 가스터빈 제원

1994년 개발된 GT24 모델의 가스터빈은 1997년 국내에서 최초의 복합화력 발전소 상업운전을 개시한 모델로써, 가스터빈 연소기에 2단으로 연료를 공급하는 재열사이클이 적용된 세계최초의 가스터빈이다. 약 15년 동안 침두부하용으로 운영된 가스터빈

Table 1 Physical parameter of the Gas turbine.

	Description		Description
Maker	Alstom	Speed(rpm)	3,600
Model	GT24AB	Critical speed(rpm)	2,700
Power(MW)	150	Start Time	1,895
Turbine Rotor Inlet Temp	1,255	Equivalent Operation Hour	89,202
Commercial operation : 1997. 7. .			

#### 2.2 진동발생 특이사항

상업운전 약 5년 이후에 발생하기 시작한 터빈 배기가스 출구 케이싱에 설치된 저널베어링(#1 BRG)의 0.28X(17Hz)성분 진동은 환절기인 가을(11월 초)에 발생하기 시작하여 동절기를 마치는 2월말까지 매년 주기적으로 발생 하였다.

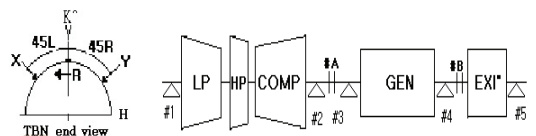
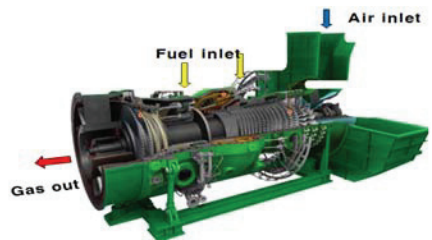


Fig. 1 Schematics of the Gas turbine cross section and the vibration pick up

† 김동관 ; 한국중부발전(주) 기술전문팀  
 E-mail : poikim@komipo.co.kr  
 Tel : (070)7511-2845, Fax :(070)7511-3098  
 \* 한국중부발전(주)  
 \*\* 충남대학교 기계설계공학과  
 \*\*\* 에이스기전(주)

저주파수 진동의 특징으로는 사전 징후없이 순간적으로 진동이 정지값(Trip) 이상 까지 수직으로 상승하여 가스터빈을 정지시키고, 90~100% 부하에서 발생하는 경향이 있다.

약 10년 동안 가스터빈에서 발생한 0.28 X (17 Hz) 진동 성분으로 인하여 출력 감발 및 터빈이 긴급 정지된 횟수는 약 20 여회 정도로써, 최근의 동절기에는 가스터빈 출력을 80% 이하로 제한하여 운전을 하는 실정이었다.

### 3. 진동분석 및 조치사항

#### 3.1 #1 베어링 고유진동수 분석

가스터빈 #1 베어링의 하우징은 내고온, 저온 및 내노화성 등에 우수하여 안정된 스프링 특성을 유지할 수 있는 코일 스프링(Spring)<sup>1)</sup> 지지대(Support)에 의하여 지지된다. 기동정지 중의 진동자료(DM2000)를 면밀히 분석하고 #1 베어링을 지지하고 있는 스프링 지지대의 고유진동수를 측정(CSI2130)하였다. 그 결과 Table 2와 같이 #1 베어링 케이싱, 로타(Rotor), 그리고 #1 베어링을 지지하는 스프링 지지대의 고유진동수가 16 Hz~19 Hz 영역에서 모두 중첩되고 있음을 알 수 있었다.

Table 2 Natural frequency of the #1 bearing

Items	Rpm	Hz	
#1 Bearing Housing	1,010	16.9	Start, stop data
	1,092	18.2	
	1,040	17.3	
Rotor critical speed	1,010	16.8	
	1,040	17.3	
	1,066	17.7	
#1 Bearing Housing support	16.5, 18.9, 19.8 Hz		Impact test

저주파수 진동은 유체 불안정에 의해서 발생하는 경향이 있으며, 유체 불안정 진동은 항상 로타 시스

템의 고유진동수와 관련이 있다<sup>2)</sup>는 점에 주목을 하였다.

준공 후 초기의 가스터빈은 #1 베어링 스프링 지지대 및 로터의 위험속도가 이격되어 있었으나, 고온에서 계속되는 운전으로 케이싱과 베어링 하우징 그리고 로타가 경년열화가 되면서 강성의 변화로 고유진동수가 일치하는 시점에 와 있는 것으로 판단되었다.

#### 3.2 고유진동수 변경작업

고유진동수( $f_n$ )를 변화시키는 방법은 식 1과 같이 강성( $k$ )과 질량( $m$ )을 증감시키는 것이 있다.

$$f_n = \frac{n}{2} \sqrt{\frac{k}{m_s}} \quad (n = 1, 2, 3, \dots) \quad \text{식(1)}$$

터빈 케이싱의 질량을 증가시키는 것을 불가능하므로 #1 베어링을 지지하고 있는 스프링 지지대의 강성을 증가시키는 방법을 모색하였다. 터빈 배기 가스 출구 케이싱과 배기덕트(Diffuser 1, 2)의 정렬상태를 측정한 결과 그림 2와 같이 중심선 이탈이 50 mm 이상 발견되었다.

통상의 정비 작업에서는 중심선 이탈을 무시하고 강제로 결합하는 경향이 있으나, #1 베어링 지지대의 스프링 강성을 증가시키기 위하여 터빈 케이싱 대비 50 mm 하향된 배기덕트의 중심선을 6개의 지지대 길이를 증가(상향)시켜 터빈 케이싱과 동일하게 정렬하였다.

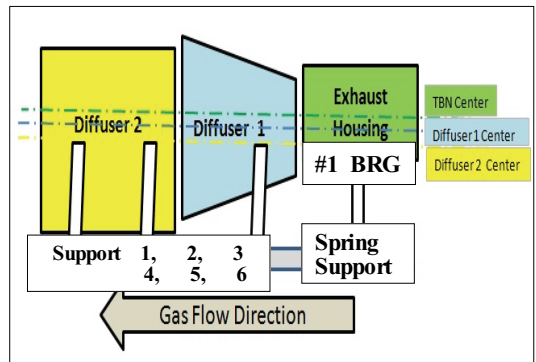


Fig. 2 Center line Alignment between the Gas turbine casing and the Diffuser duct 1, 2

작업결과는 베어링 하우스 지지대의 강성을 증가시키는 결과를 유도하여, Table 3과 같이 고유진동수 16.5 ~ 19.8 Hz를 32.8 ~ 66.6 Hz로 1차 고유진동수를 + 16.3 Hz 변화시키는 결과를 가져왔다.

Table 3 Natural frequency change after the casing alignment

	Before(Hz)	After(Hz)	Deviation
#1 Bearing Housing support	16.5	32.8	+ 16.3 Hz
	18.9	39.4	
	19.8	66.6	

이와같은 케이싱 중심선 정렬에 의한 #1베어링 하우스 지지대의 고유진동수 변화는, 운전시의 터빈에서 발생하는 0.28 X(16.8 Hz) 성분의 공진을 만족스럽게 회피하는 결과를 가져왔으며 동절기에도 가스터빈 100% 부하에서 이상진동이 없이 만족스럽게 운전되었다. 유체 불안정에 의한 저주파수 진동의 발생 원인을 제거하는 근본적인 해소가 아니라, 가스터빈 베어링 하우스 스프링 지지대의 고유진동수를 변화시켜 베어링 케이싱의 강성이 증가되어 저주파수 공진을 회피하게 된 결과이다.

#### 4. 결 론

이 논문에서는 고온에서 운전을 할 수 밖에 없는 가스터빈에서 #1 베어링이 설치된 배기가스 출구 케이싱 정렬을 정렬함으로써, 베어링을 지지하고 있는 스프링 지지대의 고유진동수를 변화시켜서 저주파수 진동을 회피하는 방법과 중요성을 알아보았으며, 다음과 같은 결과를 얻었다.

(1) 경년 열화된 가스터빈의 배기가스 배출구 케이싱에 설치된 #1 베어링은, 베어링을 지지하고 있는 베어링 하우스의 상태에 따라 터빈 축 진동이 영향을 많이 받고 있다.

(2) 스프링으로 지지된 가스터빈 #1 베어링은 케이싱을 정렬하는 방법에 의하여 하중변화를 유도하고, 변화된 하중은 스프링의 고유진동수를 충분히 변화시킬 수 있다.

(3) 배기가스 배출구 케이싱에 설치된 #1 베어링의 저주파수(sub-synchronous) 이상진동이 발생한 가스터빈은 케이싱과 배기 덕트의 정렬상태 점검이 필요하다.

(4) 주파수 발생 원인을 제거하는 것이 아니라, 시스템의 강성을 변화시켜 공진주파수를 회피하는 방법으로 가스터빈의 유체불안정에 의한 공진을 회피 할 수 있다.

#### 후 기

이 논문은 2012년도 정부(미래창조기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업 지원을 받아 수행된 것임(2012-0003090)

#### 참고문헌

- 1), 3) The Korean Society for Noise and Vibration Engineering, 1995, Handbook of Noise and Vibration, pp.321~324.
- 2) Donald E. Bently, 2002, Fundamentals of Rotating Machinery Diagnostics, Bently Pressurized Bearing Press, pp.486.