

이상소음 해소를 위한 Stack 소음저감 기술개발

Technology Development of Noise Reduction at
Stack for Resolution of Abnormal Noise

호경찬†·이영제*·김성진*·권혁관**·정현일**

Ho kyong-chan, Lee young-je and Kim sung-jin and Kwon hyuk-kwan and Jung hyun-il

Key Words : Stack(굴뚝), Silencer(소음기), Noise Reduction(소음저감)

ABSTRACT

Object of this study is to develop an Stack Silencer System for quieting abnormal noise around power plant. Abnormal noise gets resident people to feel uncomfortable. Stack Silencer System is to minimize pressure loss of exhaust gas and to maximize noise reduction effect from abnormal noise frequency band. Stack Silencer System is installation in stack and absorbing material is an aluminum foam. Reduction effect measures insertion loss of 8.2~19.4dB by Stack silencer installation. After Stack Silencer System installation, pressure loss of exhaust gas measured 5~9mmH₂O.

1. 서 론

과거에는 발전소 건설 위치가 인적이 거의 없는 지역에 건설되었지만, 최근에 신설되는 발전소는 주거지역과 인접하게 건설되기도 한다. 비교적 최근에 신설된 부산복합화력발전소는 도시의 주거지가 밀집한 곳에 근접하여 건설되었으며, 지리적 여건으로 인하여 환경적으로 소음문제가 발생하였다. 본 대상의 발전소는 가스를 원료로 가스터빈을 돌려서 전기를 생산하는 방식을 가지는 발전소로서 여러 가지 복잡한 기계설비로 구성되며, 각각의 기계설비에서는 진동과 소음이 발생한다. 그러나 최근의 발전설비는 진보하여 저진동화 저소음화 된 상태이다. 따라서, 평상시 운영시에는 민원이 발생할 정도의 소음이 발생하지는 않는다. 그러나 본 연구의 대상이 된 소음은 발전소의 여러 가지 방식 중에 특정한 운영조건이 될 때에 특정한 주파수 대역의 소음이 크게 발생하였으며, 그 소음이 원인이 되어 민원을 발생시켰으며, 이 소음을 줄이기 위한 방안을 강구하는 것이 본 연구의 목적이다.

2. 소음저감 대책 전 소음측정 및 분석

소음저감 대책 전 소음도를 측정하기 위해서 발전소의 출력을 5MW 단위로 조절하여 측정하였다.

소음측정은 Stack에서 방사되는 소음과 민원지에서 소음을 측정하였다. 소음측정에 이용된 장비는 소음계(NA-27), 주파수분석기(sDAQ), 마이크로폰(UC-53A)이며 마이크로폰을 통해서 측정한 소음은 컴퓨터에 저장하여, 실험실에서 주파수 분석기를 사용하여 분석하였다. 1/3옥타브 분석이 가능한 소음계(NA-27)를 사용하여 소음도를 측정하였으며, 정확한 원인 분석과 대책 강구를 위해서 주파수 분석기를 사용하여 정밀 분석을 실시하였다. 그리고 Stack 상부와 민원지에서 동시에 측정함으로써 소음전파 경향을 파악하였다.

2.1 측정지점

부산복합화력 발전소의 총 8기의 가스터빈 중 #7 가스터빈 HRSG Stack Top에서 측정하였다. Stack 상부 끝단에서 수평방향 1m, 수직방향 1m 이격된 위치에서 마이크로폰을 설치하여 측정하였으며, 측정시간은 소음의 변동폭을 고려하여 30초씩 측정하였다.

발전소 주변의 주거지역 측정시 소음영향에 민감한 지역을 측정하기 위하여 발전소에 비해 높은 지역에서 측정하였다.

† (주)에이브이티
E-mail : kcho@avt.co.kr
Tel : (02) 3665-9685, Fax : (02) 3665-9686

* (주)에이브이티

** 한국남부발전(주) 부산복합화력

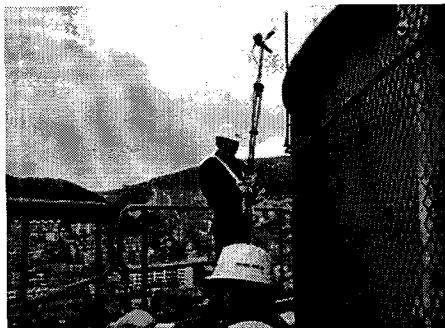


그림 1 HRSG Stack Top

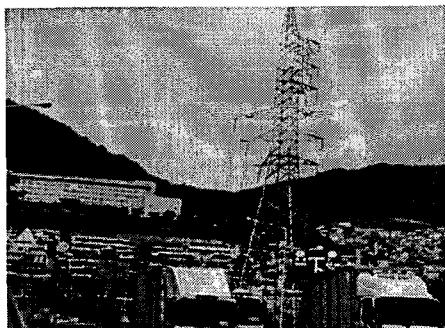


그림 2 부산 CCPP 주변 주거지역

2.2 측정결과 및 분석

표 1 소음저감 대책 전 소음측정 데이터

Power [MW]	Leq[dB(A)]		Power [MW]	Leq[dB(A)]	
	Stack	민원지		Stack	민원지
120	82.7	52.6	150	100.2	54.5
125	83.6	-	155	99.2	-
130	83.9	52.2	160	96.1	52.3
135	97.8	-	165	90.9	-
140	99.6	54.1	170	88.5	54.2
145	99.4	-	Base(170)	88.5	-

소음측정 결과 HRSG Stack Top에서의 소음은 96.1~100.2dB(A), 민원지에서의 소음은 52.2~54.5dB(A)로 계측되었다. 이상소음 발생 출력구간은 135~160MW로 분석되었으며, 평상시(Normal) 소음보다 약 15dB 이상 증가한 값으로 나타났다.

HRSG Stack Top에서의 소음은 580Hz, 1.16kHz(580×2), 1.74kHz(580×3)에서 공명현상이 뚜렷이 나타나며 여타 주파수는 HRSG를 통과하면서 감쇠되는 것으로 보인다. 발전소 주변지역에서의 소음 역시 580Hz와 1.16kHz(580×2) 대역에서 공명현상이 뚜렷하다.

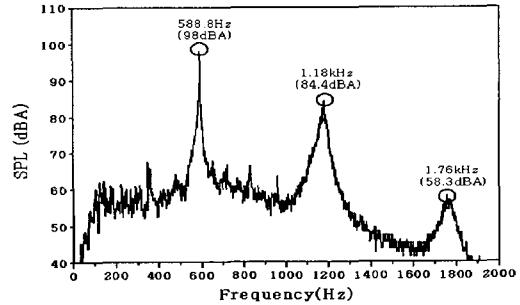


그림 4 HRSG Stack Top의 소음특성(150MW)

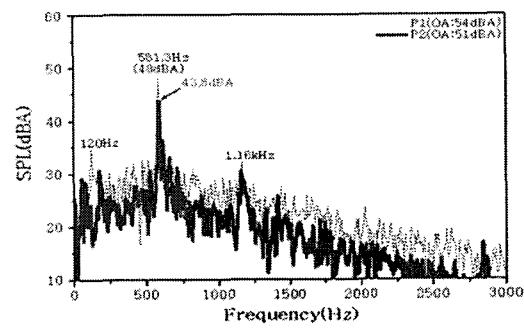


그림 5 주거지역에서의 이상소음 특성

3. 소음저감 대책

부산복합화력 발전소 가스터빈에서 발생하는 이상소음을 HRSG Stack 내부에 흡음재를 설치하여 저감한다.

3.1 최적 흡음재 발굴

소음기가 설치되는 위치는 바다와 인접하여 염분을 포함한 바람과 직접적으로 접하고 있으며, 옥외 설치로 인해 내화학성, 표면 내구성, 고온 내구성 등이 요구된다. 특히, 배출되는 연소가스와 환경적 요인으로 인하여 재료의 내부식성이 필요하다.

표 2 흡음재 성능 비교

구분	발포알루미늄	그라스울계	PE, PU계
비중(밀도)	0.2 ~ 0.4	0.48 ~ 0.96	0.32 ~ 0.42
평균흡음을 (NRC) (95mm기준)	0.85	0.75 (100mm기준)	0.80 (100mm기준)
내오염성	우수	쉽게 오염	쉽게 오염
내습성	매우 우수	매우 불량	불량
내구성	반영구적	짧다	보통

발포알루미늄은 100% 불연성 자재로 내부가 다공성 구조이므로 흡음성능이 뛰어나고, 금속이면서 철의 1/30, 목재의 1/10 정도의 무게로 내구성, 내습성 등이 우수하다.

3.2 최적 소음기 구조 개발

발전소의 특징으로 인해 압력손실이 발생하면 연료비의 증가를 초래하기 때문에 정압손실은 최소화하면서 소음저감 성능을 극대화 하는 방안을 모색해야 한다.

개발된 시스템은 기존 Splitter Type에 비해 압력손실이 적고 소음저감 효과가 우수한 Cylindrical Type으로 음장 해석 프로그램인 Sysnoise를 이용하여 예측한 결과 예상 소음저감량은 15dB, 압력손실은 12mmH₂O이다.

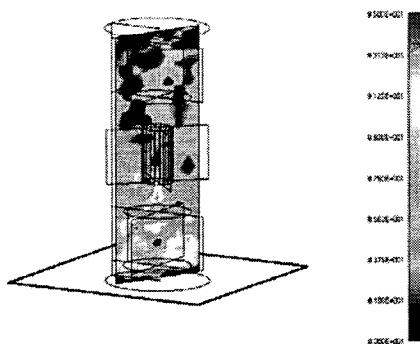


그림 6 음장해석 결과

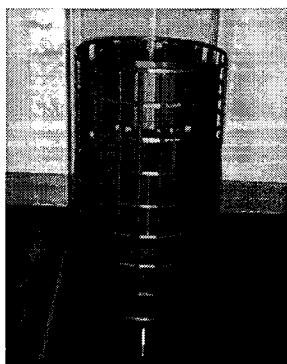


그림 7 소음저감시스템 모형

3.3 설계기준

- 벽면설치
- 내부에 Cross Section을 3단으로 설치하며 각각의 단은 1.8m로 설치
- Cross Section의 회전각은 45°이며 내부에 Cell 설치
- Air Gap : 각 0.9m
- 전체 높이 : 7.2m

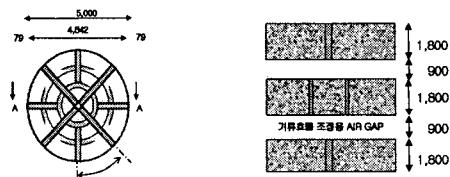


그림 7 소음저감시스템 형상

3.4 소음저감 시스템 설치



그림 8 소음저감시스템 설치 후 사진

4. 소음저감 대책 후 측정 및 분석

4.1 측정지점

소음저감 대책 후 소음도를 측정하기 위해서 Stack 내부에 소음저감시스템 설치 후 Stack 상부에서 소음저감시스템 설치 전과 동일한 조건하에서 소음측정을 수행하였다. 민원지역에서는 소음저감시스템을 설치하지 않은 가스터빈의 이상소음에 영향을 받으므로 정확한 효과 측정이 어려우므로 제외하였다.

HRSG 건물 상부에 마노미터를 설치하여, 소음저감시스템 설치 전/후(상·하) 가스터빈 출력별 연소ガ스 유동 차압을 측정하였다.



그림 9 압력손실 측정용 마노미터 사진

4.2 측정결과 및 분석

표 3 소음저감 대책 후 소음측정 데이터

출력(MW)	소음도 L _{eq} [dB(A)]	출력(MW)	소음도 L _{eq} [dB(A)]
120	74.5	150	80.8
125	74.8	155	81.9
130	74.9	160	80.3
135	83.3	165	80.1
140	81.6	170	78.9
145	81.0	170 base	78.4

표 4 소음저감 대책 후 차압측정 데이터

출력[MW]	압력[mmH ₂ O]		
	상부층 Service 하부층 대기개방	하부층 Service 상부층 대기개방	상·하부 Differential Pr.
120	-12	-17	5
130	-12	-18	6
140	-12	-18	6
150	-12	-19	7
Base Load(153)	-14	-23	9

표 5 소음저감 대책 전/후 소음측정 데이터

출력(MW)	소음도 (Leq[dB(A)])		[dB]
	설치 전	설치 후	저감량
120	82.7	74.5	8.2
125	83.6	74.8	8.8
130	83.9	74.9	9.0
135	97.8	83.3	14.5
140	99.6	81.6	18.0
145	99.4	81.0	18.4
150	100.2	80.8	19.4
155	99.2	81.9	17.3
160	96.1	80.3	15.8
165	90.9	80.1	10.8
170	88.5	78.9	9.6
Base Load	88.5	78.4	10.1

표 6 이상소음 구간 대책 전/후 소음측정 데이터

출력(MW)	630Hz (Leq[dB(A)])		[dB]
	설치 전	설치 후	저감량
135	97.1	82.1	15.0
140	98.9	79.5	19.4
145	98.1	77.1	21.0
150	99.0	75.3	23.7
155	97.8	78.0	19.8
160	94.4	75.5	18.9

소음저감시스템 설치 후 소음측정결과 HRSG Stack Top에서의 소음은 74.5~83.3dB(A)로 계측되었다.

소음저감시스템 설치로 인한 소음저감 효과는 HRSG Stack Top에서 8.2~19.4dB로 분석되었다. 특히 이상소음 발생 출력구간인 135~160MW에서는 약 20dB의 저감효과가 나타났다.

소음저감시스템 설치 전/후 차압측정결과 5~9mmH₂O로

일반 Splitter Type의 소음기와 비교하여 약 79% 압력손실이 저감된다.(일반 Splitter Type : 43mmH₂O)

5. 결론

본 연구는 발전소 주변 거주민에게 가스터빈 이상소음으로 인하여 불쾌감을 느끼게 하여 민원이 발생하였고, 소음으로 인한 피해를 해결하고자 소음저감 기술개발 및 Stack 배출소음을 10dB 이상 저감하는데 그 목적이 있었다. 본 연구를 통하여 얻은 결과를 정리하면 다음과 같다.

(1) 소음저감시스템 설치로 가스터빈 이상소음의 저감 및 민원을 완전히 해소할 수 있었다.

(2) 해안노출 환경, 연소가스 접촉 환경, 높은 온도, 빠른 유속, 이상소음 주파수 대역에서 큰 소음저감 능력과 기존에 설치된 Stack 구조물 안정성 확보에 적합한 흡음재로 밤포알루미늄이란 최적의 흡음재를 발굴하였다.

(3) 대형판로 내 빠른 유속의 유체가 가지고 있는 이상 소음이란 음향에너지를 저감하기 위하여, 최적의 소음기 구조로 Cylindrical Type의 소음기가 개발되었다. 이는 이상 소음 파장 이내에서 효과적으로 흡음이 될 수 있는 구조로서 가스터빈의 배기ガ스 압력손실을 최소화한다.

참 고 문 헌

- (1) Leo, L. Beranek, 1988, Noise and Vibration Control , McGraw Hill
- (2) Munial, M. L., 1987, Acoustics of Duct and Mufflers with Application to Exhaust and Ventilation System Design, John Wiley & Sons. Inc.
- (3) C. M. Harris, 1957, Handbook of Noise Control, McGraw-Hill
- (4) Leo L. Beranek, Istvan L. Ver, 1992, Noise and Vibration Control Engineering(Principles and Application), Wiley-Interscience
- (5) M. A. Iqbal, 1977, The Control of Noise in Ventilation Systems, E & F. N. Spon Ltd.
- (6) David A. Bies, Colin H. Hansen, 2003, Engineering Noise Control(Theory and Practies), Spon Press
- (7) NEBB, 1994, Sound and Vibration Design and Analysis, NEBB
- (8) L. E. Kinsler, 1982, Fundamentals of Acoustics, John Wiley & Sons
- (9) P. M. Morse, 1968, Theoretical Acoustics, McGraw-Hill
- (10) C. M. Harris, 1988, Shock and Vibration Handbook, McGraw-Hill