

발전소 발생소음에 대한 영향 분석

An Study for Noise Effects by the Power Plant

이옥륜† · 김희수* · 김동환* · 배용채*

Lee Wook-Ryun, Kim Hee-Soo, Kim Dong-Whan and Bae Yong-Chae

Keyword : 발전소(power plant), 소음(noise), 주파수(frequency)

Abstract

In this paper, I summarize the case for the noise emission of domestic power plants and foreign power plants occurred recently.

It is described to main content that is analyzing of the noise source and looking at the noise generated, if necessary to derive the solution.

In addition, a case study is shown based on that noise levels can be changed by the differently surrounding environmental conditions during the measurement noise.

1. 서 론

우리나라가 세계적인 경제적 선도국가로 진입함에 따라 많은 산업들이 보다 첨단화되고 기술집약적인 분야로 집중화 되고 있다. 이런 시대적 상황에서 제작되는 모든 물품들이 정밀한 제어에 따른 고품질을 요구하게 된다. 따라서 정밀제어하는 모든 기기나 장비 등은 고품질의 전기공급을 요구하게 되고 전력설비 또한 고품질 생산을 위한 기존 설비의 고급화 및 설비 용량 증대가 필요한 실정이다. 이에 기존 발전설비의 지속적인 고품질화는 물론이고 정부정책에 따른 발전소 건설 및 용량 증대 사업을 지속적으로 실시하고 있다. 그러나 설비 증대 또는 신규 발전소 건설에 따른 반대적인 환경문제가 발생하게 되며 그 중에 소음발생문제가 큰 이슈화되고 있는 실정이다.

본 연구는 최근에 발생한 해외발전소 및 국내발전소 배출소음에 관한 사례에 대해 정리한 것으로 발생하는 소음을 분석하여 소음원을 찾고 필요시 해

결책을 도출하고 그 결과에 대한 검토를 한 것을 중심으로 기술하였다. 또한 소음 측정시 주변환경 따른 소음크기의 변화에 관한 실제 사례를 바탕으로 기술하고자 한다.

2. 본 론

2.1 건설중인 국내발전소 소음발생 사례

(1) 석탄화력발전소 소음 발생 개요

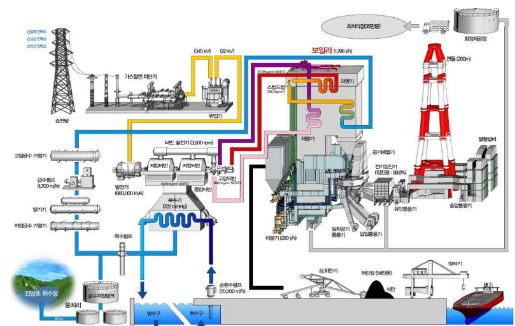


Fig.1 국내 표준화력 계통도⁽¹⁾

Fig.1에서와 같이 국내 석탄화력발전소는 각종 기계설비의 종합적으로 구성되어 보일러에서 발생하는 열을 통해 터빈을 구동하여 전기에너지를 생산하는 방식이다. 이 때 열교환을 위해 많은 설비들이 운전

† 교신저자; 정회원, 한전전력연구원
E-mail : maerong@kepco.co.kr
Tel : 042-865-5622, Fax : 042-865-5627
* 한전전력연구원

되고 그에 따라 각종 기기소음이 발생된다. 여기서 발생하는 소음은 기기별로 고유의 특성을 가지고 있으며 이를 통해 각종 소음저감대상을 선정하여 개별적인 저감을 실시한다. 또한 그 기기의 건전성 유무도 파악하는 자료로 사용한다.⁽²⁾

국내 A발전소는 대형 석탄 화력발전소로, 현재 4개 호기가 운전 중에 있으며 약 1 km 떨어진 거리에서 2개 호기가 건설을 완료하고 1개 호기는 올해 준공하였고 2호기는 시운전 중에 있으며 해당 호기 또한 올해 말에 준공 예정이다. 발전소는 부지경계를 기준으로 민가가 형성되어 있고, 현지 주민들의 환경소음 개선을 위해 본 연구가 시작되었다.

(2) 발전소 배출 소음 측정

A발전소에서 배출되는 소음 영향 검토를 위해 우선적으로 이 환경기준치를 초과하는 결과가 발생하여 그 원인을 분석하기 위해 발전소 부지경계 및 민가지역에서 소음을 측정하였고, 측정장비는 소음측정기인 Type2250(B&K)로 전체 소음을 분석 검토하고 세부적인 주파수분석이 필요한 상황에는 데이터취득장치(Impaq Elite, Benstone Ins.)에 마이크로폰(Type47AE, GRAS)을 연결하여 측정 및 분석하였다. 5차례 측정한 결과는 46.9~50.4 dB(A)이었으며 소음개선이 필요하여 주요 소음원을 분석하기 위해 Fig 2와 같이 주파수분석을 실시하였다. 그 결과 215.5 Hz, 431 Hz, 646.5 Hz, 862 Hz 의 Tonal sound가 발생하였고, 이는 215.5 Hz의 조화주파수임을 알 수 있다. 따라서 215.5 Hz를 발생하는 기기를 찾아서 소음저감이 필요하였다.

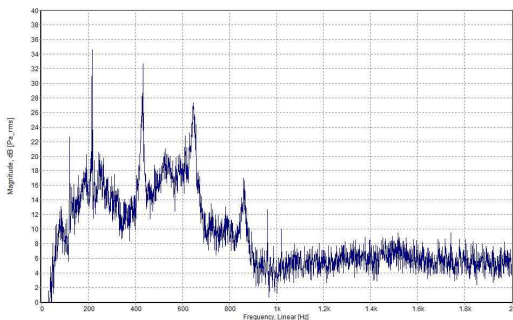


Fig. 2 발전소 부지경계(민가지역) 소음 스펙트럼

(3) 소음원 검토

A발전소와 민가지역은 낮은 산을 경계로 하고 약 1.2 km 이상 거리가 떨어져 있다. 또한 상기 부지

경계 측정지역에서 발전소의 연돌만 육안으로 보일 뿐 다른 기기들은 보이지 않는 위치에 있다. 따라서 연돌에서 발생하는 소음을 먼저 측정하고 분석하였는데 그 결과는 발전소 부지경계에서 발생했던 215.5 Hz 조화주파수가 일치하였다(Fig.3).

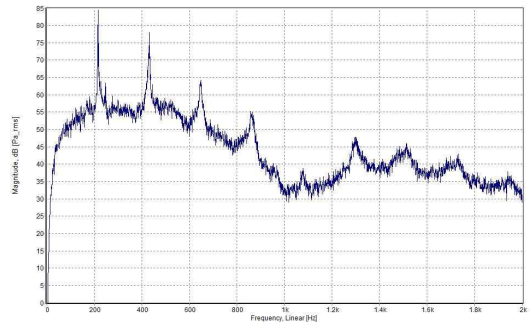


Fig. 3 발전소 연돌 소음 스펙트럼

그 결과로 부지경계에 발생하는 소음은 연돌을 통해 발생하는 소음이 주요 원인으로 판단되었으며, 그에 따른 관련 기기들을 조사하였다. 대표적인 소음 발생기는 보일러와 탈황설비에서 발생하는 배기가스 배출에 대한 소음으로 탈황설비에서 배출가스를 연돌로 보내는 승압통풍기(BUF, Booster Up Fan)와 보일러에서 나온 배출가스를 탈황설비 또는 연돌로 보내는 유인통풍기(IDF, Induced Draft Fan)로 인한 소음이 주요한 원인으로 파악되었다. 따라서 각 통풍기의 발생소음을 기기별 구조특징을 조사하였다. BUF는 720 rpm의 속도로 운전되며 18개 블레이드를 가진 형상이고, IDF는 890 rpm의 속도로 운전되며 24개 블레이드를 가지고 있다. 각 기기들은 유량조절을 위해 블레이드의 각도(피치)를 조절하며 회전속도는 변하지 않는다.

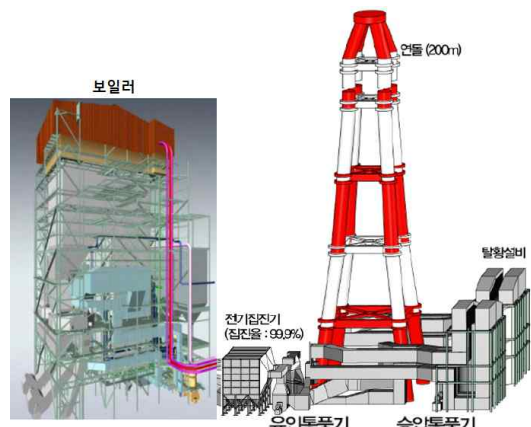


Fig. 4 연돌에 배출되는 소음과 관련된 기기

IDF에서 덕트를 통해 발생하는 주요 소음성분 파악을 위해 Blade Passing Frequency(BPF)를 구하면 아래와 같다.

$$BPF_{IDF} = \frac{RPM}{60} \times Blade\ Number \quad (1)$$

$$= \frac{890}{60} \times 24 = 356\ Hz$$

또한 상기 식과 같이 BUF에 의한 덕트 내 주요 소음성분을 계산하면 $BPF_{BUF} = 216\ Hz$ 로 계산된다. 결과적으로 상기 부지경계(민가지역)와 연돌에서 발생하는 소음의 주요 원인은 탈황설비 배기가스를 배출하는 승압통풍기에서 발생하는 소음이라고 볼 수 있다. 이 결과를 검토하기 위해 유인통풍기와 승압통풍기 1 m 인근에서 발생소음을 측정된 결과는 Fig.5 ~ 6과 같으며 계산했던 두 기기의 BPF와 1 Hz 이내의 오차를 보이는 순음이 발생함을 알 수 있다.

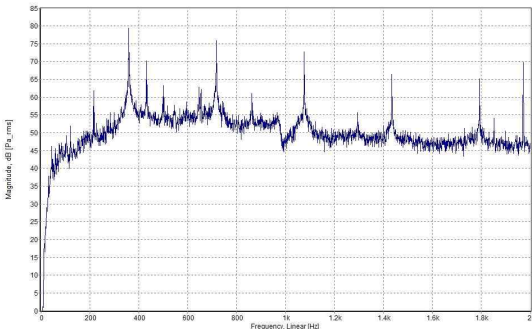


Fig. 5 IDF 인근 소음 스펙트럼

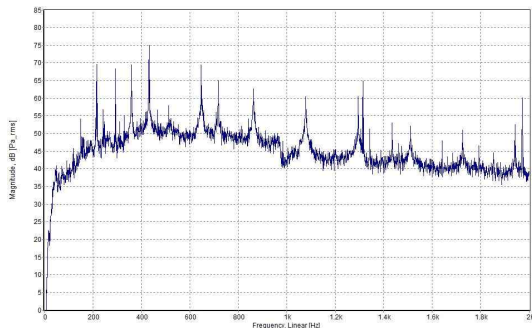


Fig. 6 BUF 인근 소음 스펙트럼

(4) 소음저감 검토

상기 결과를 바탕으로 발전소 배출소음을 통한 부지경계(민가지역) 소음저감을 위해서는 승압통풍기의 소음을 우선 저감하여야 하며, 연돌을 통해 배출되는 배기가스에서의 난류유동이 유인통풍기에서 발생하는 배출가스의 유동이 일부 기인하므로 이에 대한 소음저감도 필요한 것으로 판단되어 이에 대한 조치도 함께 할 예정이다.

2.2 건설중인 해외발전소 소음발생 사례

우리나라는 세계적으로 우수한 발전설비 개발, 운영 및 정비기술을 보유하고 있 세계 곳곳에 많은 발전소를 건설, 운영 및 유지보수를 수행하고 있다. 해외건설 또는 운영 중인 발전소 또한 국내발전소와 같이 자국의 환경규제와 WHO와 같은 국제기구의 규제를 받고 있어서 발전소 인허가 및 운영에 관한 조건에 반드시 발생소음에 대한 조건에 만족해야만 한다.

본 논문의 해당발전소는 요르단에 건설 중인 발전소로 38대의 디젤엔진으로 구성된 발전용량 573MW의 세계 최대 디젤발전소로 요르단 전력시장의 13%를 공급할 수 있는 규모이며, 발전소 준공을 위해 발생 소음에 대한 각종 규제 및 계약으로 인해 기기발생소음, 발전소 경계 배출소음 및 주변 민가지역 소음기준을 각각 지켜야 한다.^{(3),(4),(5)} 적용되는 소음기준은 Table 1과 같으며 측정 단위는 dB(A)이다.

Table 1. Allowable Noise Level Guidelines

Areas	Daytime (07:00~22:00)	Night (22:00~07:00)
Diesel Engine House	85 dB(A)	85 dB(A)
Plant Boundaries	75 dB(A)	65 dB(A)
Residential Area	55 dB(A)	45 dB(A)

(1) 배경소음 검토

국제기준에 따른 발전소 발생소음의 정확한 측정을 위해 시험운전 중인 모든 발전소 내부 기기들을 정지시키고, Fig.7과 같이 소음측정 위치 32개소에 대한 배경소음을 측정하였다.^{(6),(7)} 측정장비는 Type2246(B&K) 및 Type2250(B&K)와 휴대용 교정기로 Type4231(B&K)를 사용하였고, 사전에 교정

을 통한 유효기간을 인정받은 Class 1을 사용하였다.⁽⁸⁾ 측정결과, 엔진건물은 최대 55 dB(A)이었고, 발전소 경계소음은 최대 50 dB(A)로 보정할 필요가 없었으나 민가지역은 1곳에서 야간에 최대 44 dB(A)가 측정된 곳이 있어서 발전소 운전에 따른 소음측정에서 보정이 필요한 것으로 측정되었다. 이는 각 측정위치의 기준값의 10 dB(A) 이상 차이가 나는 것을 기준으로 실제 측정할 때 기준값을 넘으면 배경소음에 대한 보정을 고려해야 하고, 그렇지 않으면 보정을 고려하지 않아도 되기 때문이다.

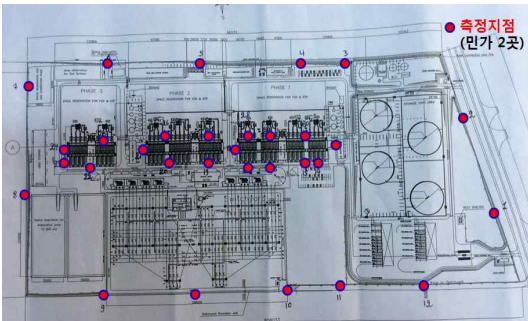


Fig. 7 소음 측정위치(총32개소)

(2) 발생소음 측정

발전소의 38개 디젤엔진이 100% 운전 중에 주야간 소음측정을 실시하였다. 주간측정에서 풍속은 최대 4.0 m/s, 기온 35.2℃, 습도 18% 정도이었고, 야간측정은 풍속은 최대 1.0 m/s, 기온 24.7℃, 습도 50% 이었다.

측정결과는 발전소 엔진건물에서는 최대 83.7 dB(A), 발전소 경계소음은 최대 65.0 dB(A)로 만족을 하였으나 민가지역 야간소음의 최대값이 기준을 초과하였다. 여기서 특이한 점은 민가 측정지역 1곳은 주간측정값과 야간 측정값의 차이가 5~8 dB(A) 정도 야간이 높게 측정되었다. 이에 원인 분석 및 후속조치를 위해 검토를 하였으며 다음과 같은 검토결과를 정리하였다.

- 소음기 재교정 (이상없음)
- 발전소 출력 검토 (동일 출력)
- 내부 공사 혹은 다른 기기 상태 (이상없음)
- 바람방향 검토 (야간 측정시 바람이 거의 없음)
- 반복 재현 측정 (3일간 측정 결과 유사함)
- 발전소 경계지역 소음 검토 (주야간 51~65 dB(A)로 유사함)

(3) 주야간 소음편차 검토

민가지역에서 주간과 야간의 소음편차가 크게 발생하여 그 원인을 검토한 결과, 온도와 습도의 차이 즉 매질(공기)의 차이에 따른 소리 전파 및 감쇠의 경우 외에는 큰 요인을 찾을 수가 없었다. 해당발전소는 지리적으로 사막지역에 위치하고 밤낮의 기온차와 습도차가 상당히 큰 경우이므로 이에 대한 영향으로 판단된다. 관련 논문⁽⁹⁾에 따르면 주파수가 올라가면서 온도와 습도에 대한 영향을 더 크게 받게 되어 해당발전소의 경우 온도, 습도차에 따라 민가위치에서는 5 dB 이상 차이가 발생할 수 있으나 주요 주파수가 200 Hz 미만의 저주파수 영역이어서 계산하면 최대 3 dB 정도 변화가 가능하였다. 그러나 여기서 결과들은 옥타브밴드로 분석한 결과로 좀더 주파수별로 정밀한 분석이 적용되면 더 정확한 분석이 가능할 것으로 판단된다.

또한 소음편차의 큰 영향은, 주간에는 연돌에서 발생하는 소음이 상층부로 퍼져서 민가지역으로 감소가 되어 영향을 주지만 야간에는 대기의 역전층으로 인해 연돌에서 발생하는 소음이 지대가 낮은 곳으로 감쇠가 작게 작용하여 민가까지 전달되어 소음이 커진 것으로 판단된다. 이에 본 현상에 관한 정밀 검토와 분석이 필요한 것으로 사료되며, 차후 기초적인 연구가 더 진행될 필요성이 있다고 생각된다.

(4) 관련 소음조치

민가지역 1곳의 야간소음이 기준치를 초과하여 발전소 내 소음이 외부로 직접 전파될 수 있는 틈새를 보완하고 일부 기기들은 배기소음 방향을 변경하는 등 발전소내 소음저감을 위해 노력하였다. 그 결과 며칠 후 재측정을 실시하여, 최종적으로 기준값인 45 dB(A)를 만족하는 결과를 도출하여 발전소 준공을 무사히 할 수 있게 되었다.

3. 결 론

1. 발전소에 발생하는 소음에 관한 소음원 분석은 일반 소음측정에 사용하는 1/3옥타브 또는 1/1 옥타브분석으로 측정하는 방법보다는 협대역 주파수 측정으로 정확한 발생주파수를 추출하고 분석해야 소음원을 찾을 수 있다. 해당발전소의 경우도 두 기

기의 기초주파수가 216 Hz와 356 Hz로 조화주파수를 고려하면 협대역으로 분석하지 않으면 찾을 수가 없는 경우이다.

2. 소리의 전파와 감쇠가 주변 환경에 아주 민감하여 해당 지역과 같이 낮과 밤의 기온차 및 습도차이가 큰 경우에 발생소음의 전달에 따른 크기 차이가 너무 크게 난다는 것을 알 수 있다. 이에 대한 종합적인 연구가 필요한 것으로 생각되며 소음 예측 프로그램 개발에서 고려해야 할 것으로 판단된다.

versus Humidity and Temperature" The Journal of the Acoustical Society of America, Vol 40 No 1, 1966

참고문헌

- (1) 이병은 “실무 발전설비 열역학” 경문사, 2012
- (2) 오재응 외 1990 “소음에 의한 자동차의 고장 진단 전문가시스템의 개발” 대한기계학회지 1990 제1권 제2호 pp.278-282
- (3) Birgitta Berglund, Thomas Lindvall and Dietrich H Schwela “Guidelines for Community Noise" World Health Organization, 1999
- (4) "Jordanian Guidelines for Prevention of Noise" 2013
- (5) "Environmental, health, and Safety(EHS) Guidelines", International Finance Corporation, World Bank Group
- (6) ISO 1996-1, 1996-2, 1996-3, "Acoustics-Description, measurement and assessment of environmental noise", 2003
- (7) ISO 6798 "Reciprocating internal combustion engines - Measurement of emitted airborne noise - Engineering method and survey method", 1995
- (8) IEC 61672-1 "Electroacoustics - Sound Level Meters Part 1: Specification", 2002
- (9) Cyril M. Harris, "Absorption of Sound in Air