

발전기 설치에 따른 소음과 진동 대책

글 | 신 월 호 기술개발부 과장
02-3433-7724 | E-mail : eshinwh@ssyenc.com

1. 들어가는 말

친환경에 대한 사회적인 욕구 증대는 그 동안 우리 업계에서 다소 소홀하게 다루었던 발전기 소음과 진동에 대한 인식을 새롭게 하고 있다. 특히 공동 주택을 포함한 건축물에 대한 소음 규정을 법제화하고 있는 시점에서 건축물의 주요 공해원 중의 하나인 발전기의 소음과 진동을 살펴 보고, 그에 대한 대책을 고찰함으로써 향후 보다 친환경적인 공동 주택의 발전기 설치를 위한 기술 자료로 활용하는 데 다소나마 도움이 되었으면 한다.

1.1 발전기 소음이란 ?

발전기 운전에 따라 발하는 소음의 음원(音源)은 기관(Engine)의 기관음, 흡기음, 배기음, 소음기음, 진동음, 발전기 동체음으로 대별할 수 있다. 이 중에서 진동음, 발전기동체(Generator) 음은 미약하므로 발전기 설비의 소음은 기관(Engine)에서 나오는 소음이 대부분을 차지한다.

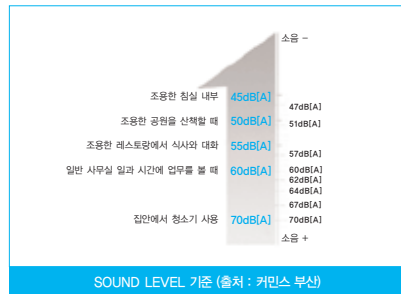
기관음에 대한 소음 방지법은 대단히 어려운 문제로서 완벽하게 제거할 수 있는 방지법은 없으며 현재로서는 발전기실의 벽재(壁材)로서 흡음율(吸音率)이 높은 흡음판(吸音板)을 취부해서 소음이 전달되지 못하게 하는 방식을 채택하고 있다.

흡·배기음, 소음기음도 장소, 비용, 기관(Engine)의 성능

에 제약을 받는 관계로 어느 범위까지 줄일 수는 있으나 완전히 줄이기는 곤란하며 일반적으로 사용하고 있는 소음기준 대체로 10~15phone의 소음 감수능력을 갖는다.

1.2 Sound Level 기준

소음이란 단순히 시끄러운 소리뿐만 아니라 인간의 감각 기관에 불쾌함과 스트레스를 주는 불규칙적인 소리까지 포함한다. 소리의 크기는 dB(데시벨)로 표기되는데 소음이 10배 증가할 때마다 10dB씩 증가하는 특징이 있다. 교통 없는 거리 30dB, 일반적인 사무실 60dB, 지하철이나 시끄러운 공장은 80~90dB, 아이 울음 소리는 100dB 등으로 소음에 따른 주변 공간 환경을 정리한 자료를 살펴보면 아래와 같다.



1.3 발전기 진동이란 ?

발전기 운전에 따라 소음과 동반하여 자체에 흔들림이 발생하는 데 이를 발전기 진동이라 한다. 건축물에서 방진(防振)이 필요한 진동을 원인별로 구분하여 살펴보면, 왕복 회전 기구에 의한 불균형력(不均衡力)에 의한 진동, 운동부의 가공 오차에 의한 불균형력에 따른 진동, 간헐(間歇) 연소에 기인한 회전 변동에 의한 모우먼트, 폭발 압력, 운동부 관성력(慣性力)에 의한 진동 등으로 나눌 수 있다.

기관(Engine) 진동은 설치장소 및 설치형식에 따라 다르며 외부에서 생긴 진동이 기관(Engine)에 전달되면 기기에 손상을 줄 수가 있으므로 외부 진동이 예상될 수 있는 설비가 발전기 실을 관통하거나 발전기에 접촉되는 일이 없도록 해야 한다.

2. 공동 주택을 위한 발전기의 설치

2.1 발전기실의 크기

발전기실의 바닥면적을 결정하려면 대체로 실내로 들어가는 기기와 벽면의 간격을 800 ~ 1,000mm 이상으로 유지시켜 발전기(Generator), 기관(Engine) 등의 분해, 조립, 보조용 기기 설치, 보수등에 필요한 공간을 충분히 확보할 필요가 있다.

발전기실의 가로, 세로의 관계는 1:1.5 ~ 1:2가 되는 것이 비교적 편리하며 천정높이는 주로 피스톤이 움직이는 높이, 체인블록장치와 천정과의 거리 등을 고려해서 결정해야 하며, 보통 공동 주택의 경우에 4.5m 이상을 필요로 하는 경우가 대부분이다.

- 발전기 실의 넓이를 수식으로 의해서 구할 때는 다음식을 사용하기도 하지만 통상 전문업체의 카다로그나 기술자료에서 요구하는 크기를 적용한다.

$$S > 1.7\sqrt{P(m)}, \text{ 권장치 } S \geq 3\sqrt{P(m)}$$

$$S : \text{발전기실의 소요면적}(m^2) \quad P : \text{기관의 마력}(Ps)$$

- 발전기실의 높이를 수식으로 구할 경우는 실린더의 조진을 제조업체 기술 자료를 통하여 검토한 후 다음의 수식으로 구한다. 하지만 건축, 구조적인 층고의 한계가 많으므로 설계전 담당자와 충분한 협의를 거쳐서 작업에 임하며 통상 4.5~5.5m 선으로 결정된다.

$$H = (8.0 \sim 17.0)D + (4.0 \sim 8.0)D$$

H : 실린더 해체에 필요한 높이 계수
D : 실린더 지름(mm)
실린더 위까지 엔진 높이 계수

2.2 발전기실의 구조 및 마감 공사

건축물의 구조는 건축기준법 및 위험물규제에 관한 법령 등에 따라 설계, 시공되며 불연성 또는 준불연성 구조로 방음, 방진에 대해서도 충분한 효과를 발휘할 수 있는 자재로 고려되어야 한다. 발전기(설비)의 기초는 자중과 기관운전에 의한 진동력에 충분히 견딜 수 있는 강도를 갖추어야 하고, 특히 운전으로 인한 진동이 다른 기기나 건물에 해로운 진동이 미치지 않도록 고려되어야 한다.

기초에 대한 이론 계산은 변동요소가 많아 곤란하지만, 다음에 열거한 사항을 참조하여야 한다.

가. 발전기실 기초(FOUNDATION)의 주요 기능

발전기의 총 중량을 지탱하면서 발전기와 그 외 장비의 조립 상태를 유지하면서 외부의 진동으로부터 발전기를 보호한다.

나. 기초의 설계

(1) 발전기(설비)의 총중량을 계산한다.
총중량은 기초(토대)에 의해 지지되는 냉각수, 연료, 윤활유 등 모든 유체부재와 보조장비를 포함한 발전기(설비) 중량이다.

* 유체의 무게 : 냉각수 1g/cm³, 윤활유 0.916g/cm³, 연료유(Diesel) 0.855g/cm³

(2) 기초(토대)의 깊이는 아래와 같이 결정한다.

$$\text{깊이(m)} = \frac{W}{2,402.8 \times B \times L}$$

(단, W = 발전기(설비) 총중량(kg), 2,402.8 = 콘크리트 밀도 (kg/m³), B = 기초(토대)의 폭(m), L = 기초(토대)의 길이(m))

(3) 콘크리트 배합은 부피비율이 시멘트 : 모래 : 자갈(최대 크기 10cm) = 1 : 2 : 3이 되도록 하고, 4주동안 양생하여 압축 강도가 270kg/cm² 되게 하여야 한다.

(4) 기초의 철근은 No. 8 게이지(약 ø 4mm) 철선을 사용하여 가로, 세로, 높이 모두 15cm의 간격을 가진 격자형으로 놓여, 기초를 보강하고, 철근은 기초 표면에서 최고 7.5cm 이상 파묻혀 있게 하여야 한다. 발전기가 2대이상 병렬운전이 될 경우에서 발전기의 동기(同期) 이탈방지와 회전력(Torque) 반동에 견디도록 기초토대를 단독 운전의 경우 보다 더욱 견고하게 설계한다. 즉, 기초토대는 기초 위에 설치되는 발전기 총중량의 2배 이상의 무게에 견디도록 설계한다.

다. 천연적인 기초 토대(Natural Foundation)

(1) 견고한 흙, 자갈, 모래 등도 훌륭한 천연적인 기초토대 구실을 할 수가 있으나 이 형태의 기초토대는 발전기 설비에 의한 압력에 견디어야만 사용할 수 있으며, 일시적인 기초로는 많이 사용된다. 일부 토목 현장 등에서 외부에 임시로 설치 할 경우를 위해 참고로 자연 재질을 알아보자.

(2) 토양재질별 안전하중

재질	안전하중		
	Kpa	kg/cm ²	psi
바위 경질지층	482	5.0	70
단단한 흙, 자갈, 거친 굵은 모래	386	4.0	56
무석무석한 중간모래, 흙	193	2.0	28
무석무석한 가는 모래	96.4	1.0	14
부드러운 흙	0 ~ 96.4	0 ~ 1.0	0 ~ 14

(*) 미세한 흙, 무석무석한 모래 또는 수면에 인접한 모래와 같은 토양은 동적하중에 매우 불안정하므로 기초 토대의 허용부담 능력은 일반적으로 그 지면의 건축(토목)기준을 반드시 참조하여야 한다.

(3) 발전기 설비에 의해 생기는 압력은 그 총중량(W)을 그 것이 접촉되는 면적 (A)으로 나눈 것이다.

$$\text{즉, } P(\text{kg/cm}^2) = \frac{W(\text{kg})}{A(\text{cm}^2)} \text{ 이다.}$$

발전기에 의한 압력은 재료의 부하부담 능력을 초과해서는 안되며, 열팽창계수(주철 2.75 × 10⁻⁶ mm/mm°C)에 의해 엔진은 사용시와 정상운전과의 길이 차이가 2.3mm 정도지만, 이러한 길이의 증가에 대해 설치상 특별한 조치를 할 필요는 없다.

라. 공동 주택 등 건축물내의 기초

공동 주택, 오피스, 오피스텔 등 건물내부에 설치되는 경우에는 공동 베이스(Base) 밑에 고무나 스프링을 삼입해서 기초토대에 전달되는 진동을 적게 하는 방진장치를 하는데 이때 콘크리트 기초토대 깊이는 진동으로 인한 하중증가는 고려하지 않고 정적하중(Static Load)에만 견디도록 하여도 가능하다. 또한 기관을 시동할 때나 정지할 때의 공진점(共振點) 통과시는 1 ~ 2초간 이상진동(異常振動)이 일어나므로 발전기 설비와 이어지는 외부설비(예 : 부착형GCP와 연결되는 Cable, 연료용 파이프 등)는 반드시 플렉시블 커플링(Flexible Coupling)으로 연결하도록 해야 발전기 운전 중에 진동으로 인한 고장을 방지할 수 있다.

3. 발전기 설치에 따른 소음과 진동 대책

3.1 발전기의 소음

가. 기관음

발전기 운전에 따른 기관 소음으로 기관(Engine) 회전 속도가 높을수록 음이 크게 된다. 공동 주택에서 채택되고 있는 발전기는 통상 1,800rpm 고속형을 사용하며 130dB 전후의 소음이 발생한다.

이에 대한 대책으로

- 방음 Cover를 전체적으로 몸체에 덮어 차음함으로써 65

~ 75 dB 까지 차단하거나

- 건물 구조를 내벽 흡음판으로 시공하여 소음을 약 20% 줄이는 방음형 벽체로 하거나
- 외부 환기구를 별도로 시설하기도 한다.

나. 배기음

디젤 기관 중 가장 큰 소음으로 배기 가스가 고속 또는 급격한 유동으로 대기중에 개방될 때에 발생하는 소음이며 배기 밸브가 열리는 횟수, 즉 착화하는 주파수 및 그 고조파의 성분이 크고 주성분을 이룬다.

$$f = k \frac{n}{60} \cdot N \cdot \frac{1}{i}$$

(단, f - 주파수[Hz], k - 고조파 차수 1, 2, 3,
n - 회전수[rpm], N - 정수로 2 Cycles = 1,
4 Cycle = 2)

이에 대한 대책으로 소음기를 채용하며 방식에 따라 팽창형과 공명형을 주로 사용하며 1,800rpm인 경우 '라. 소음기음'과 같이 소음기를 설치하여 110dB이하로 소음을 차단한다.

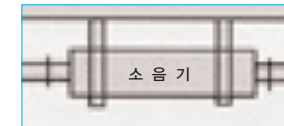
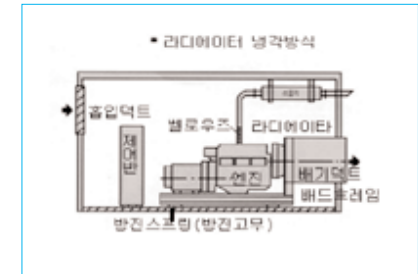
다. 흡기음

대형이면서 저속 기관의 경우 등 특별한 발전기를 제외하고는 운전 소음으로 별 문제가 되지 않으므로 생략하기로 한다.

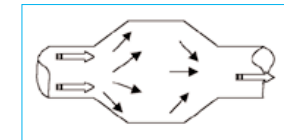
라. 소음기음

배기관에는 고온의 배기 가스에서 발생하는 소음을 경감시키기 위하여 소음기를 부착하며 설치 방식에 따라 팽창식, 공명식 및 흡음식으로 나눈다.

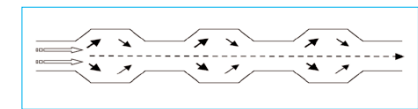
- 팽창형 소음기 : 배기 가스를 소음기에서 팽창, 확장하므로써 음의 에너지를 감쇄시키는 것으로 일정한 주파수보다 높은 주파수의 잡음을 소음하기 위해 사용



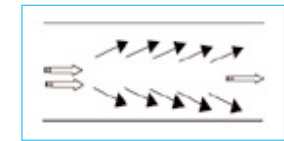
110dB → 65dB



- 공명형 소음기 : 경부를 만들고 공명을 이용 음파의 에너지를 소모하여 소음하는 소음기



- 흡음형 소음기 : 소음기 내벽에 흡음재를 붙여 소음 효과과 우수한 방식으로 Gas-Turbine 발전에 주로 사용한다.



이밖에도 소음기 설치시에 물리적으로 몇가지 주의할 사항은

- 연도까지의 거리를 가능한 단축시켜야 하고,
- 건축적인 D.A 등 외부 인출구까지 굽힘 개소를 적게 하며,
- 15[m]마다 익스펜션 조인트를 설치하여 열 팽창에 의한 비틀림이 없도록 한다.

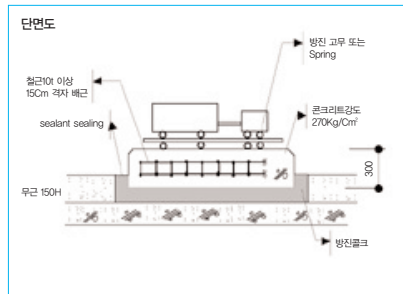
3.2 발전기의 진동

가. 진동방지(Vibration protection)

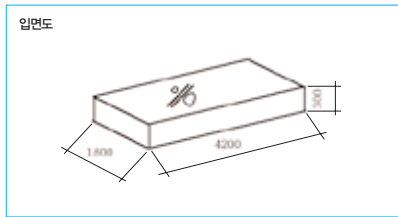
발전기는 모두가 그 자체의 진동에는 견딜 수 있도록 되어 있으나, 발전기에 추가적으로 진동방지를 하는 것은 발전기의 유효수명을 연장시킴과 동시에 외부로부터의 진동에 의한 고장을 방지하는 목적이 있다. 따라서 외부진동에 대한 방진장치를 하여 Bearing과 축(Shaft)에 이상이 발생하지 않도록 해야 한다.

나. 방진기구(Vibration Isolator)

가장 방진효과가 좋은 방진기구는 강철 스프링이며, 이것은 대체로 96% 정도의 방진효과를 갖는다. 스프링 밑에 고무판(Rubber plate)을 장착하면 스프링을 통해 전달되어지는 고주파수(High Frequency)도 막을 수 있다. 발전기 500kW를 防振 고무판(코르크)으로 시공한 경우를 보면 아래와 같다.



* 발전기 바닥 기초 시공 순서 : 1) 유로폼 설치(상부모서리 모질기 처리 및 CONC 압 대비보강) 2) 바닥면에 콘크를 시공 3) 배근 및 CONC 타설 4) 추 후 유근타설 전 측벽 4면에 방진고무고정(못등 이용) 5) 유근타설 6) LEVEL 에 맞추어 볼크철단 후 코킹



다. 고무로 된 방진기구 역시 진동이 그리 심각하지 않은 한 사용해도 무방하며, 적합하게 제작된 고무 방진기는 90% 정도의 방진효과를 갖고 있으며, 이것은 진동에 의한 소음의 방진효과도 있다.

라. 진동측정 : 진동은 정적인 상태에서 아래 표의 값에 따른다.

측정부위	기관발전기의 공통베이스		기초 및 그 부근
	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 실린더	6, 8 실린더이상 엔진	
진동	8/10mm 이하	5/10mm 이하	1/100mm 이하

(주) 진동은 정격대전 상태에 있어서 공동 베이스 및 진동판과 그 부근의 상하방향, 축방향, 축과 직각인 수평방향에 대해서 진동계로 측정된 진폭을 말한다.

4. 결론

앞에서 살펴본 바와 같이 소음 방지법은 대단히 어려운 문제로 소음을 완벽하게 없애는 방법은 없으며 현재 기술로는 발전기실의 벽체(塼材)로 흡음율(吸音率)이 높은 흡음판(吸音板)을 설치함으로써 소음이 전달되지 못하게 하거나 엔진실에서 발생하는 소음을 덕트 내에서 흡음 챔버를 설치하여 외부로 나가는 소음을 최소화하는 정도이다.

또한, 진동은 소용량의 경우 방진 고무를 이용하며, 대용량 저속은 스프링과 조합하여 사용하고 있다.

방진 고무는 적당한 내부 감쇠가 되어있어 진동 대책으로는 최적이거나 고하중에 견디기 위해 고무 경도를 올릴 필요가 있다. 그러나 고무 경도를 지나치게 올리면 스프링 정수가 커지고 스프링계의 고유 진동수가 상승하므로 저속 대형 기관의 방진에는 고무의 채용이 적합치 않는 등 많은 문제점을 안고 있다.

이를 가장 적절히 설치하기 위해서는 무엇보다도 설계 당시부터 방음을 고려하여 설계하는 것이 중요하며, 시공시 앞으로 발생 가능한 모든 소음을 예측하여 시공에 적용하는 것이 가장 좋은 방법이다.

또한 소음과 진동에서 보다 우수한 성능을 발휘하는 가스 터빈 발전기의 도입도 고부가가치 주상 복합 건물이나 아파트형 공장 등에 확대 적용하는 노력을 기울여야 한다.

따라서 향후 발전기 제조업체와 건설사의 건축, 기계, 전기 담당자와의 긴밀한 업무 협조가 더욱 필요할 것이며, 사업주체(시행사, 발주처, 관할 관청)의 소음과 진동 대책에 대한 더욱 적극적이고 능동적인 인식이 더해진다면 가까운 시일내에 우리가 거주하는 건축물은 보다 쾌적하면서도 친환경적인 안정된 비상 전원을 공급받을 수 있을 것을 확신한다.

때마침 소음에 대한 법적인 규정이 2003년도 하반기에 개

정되었고, 구체적인 생활진동 규제기준이 '소음·진동규제법시행규칙'으로 2004년 1월 15일자(2009년 1월 1일부터 시행)로 개정되어 업계 전반에서 그 어느때 보다 이에 대한 관심이 높아지고 있다.

향후 시행까지는 충분한 준비기간이 있으므로 관련 업계, 관할 관청, 업계에 직간접적으로 관여하는 많은 기술인들의 협력과 기술 개발 노력이 더욱 절실할 것이다.

참고문헌

1. 최신 전기설비 문운당
2. 전기 및 건축관련 법규집
3. http://www.jinhan.co.kr
4. http://www.daewoo-generator.co.kr
5. http://www.gensetpower.co.kr/

쉬어가는 코너

다른 듯 같은 듯 예비 전원과 비상 전원은 뭐가 다르고 뭐가 같은가?

우리가 한국전력(KEPCO)에 전기 사용을 요청하고 한국전력측에서 사용을 인정하게 되면 우리는 이 전력을 이용하게 되는 데 이를 상용(常用) 전원이라 한다. 상용 전원은 말 그대로 평상시, 비상시에 공히 사용할 수 있는 훌륭하고 안정적인 전원이다. 하지만 태풍, 지진 등과 같은 자연 재난으로 송전용 전력 시설, 발전소 등이 상해를 입게 되면 정전(停電)은 불가피하다.

이에 대처하기 위해 개별 단위발전기(이용 시설들)로 발전 설비를 건축기준법에 따라 설치하는 데 이를 예비 전원이라 한다. 즉 건축물 등 개별 단위 부하군의 기

능을 계속 유지하기 위한 최소한의 준비된 전원으로 볼 수 있다. 비상 전원은 태생 자체가 소방법으로부터 나왔고, 개별 단위군의 재난-화재, 수재, 건물 붕괴 등에 대처하기 위해 일정 규모가 되는 건축물 등에 의무적으로 설치되어야 하는 전원이다. 우리가 흔히 접하는 시설에서 설비별로 군이 구분해 본다면 예비 전원은 비상용 조명, 비상용 엘리베이터, 급배수 설비 등이고, 비상 전원은 옥내 소화전, 유도등 설비, 비상 콘센트, 스프링 쿨러 설비 등이다. 근래에는 예비전원에 대한 수요가 가히 폭

를 서비스 전원으로 필수 전원 등으로 부르기도 한다. 개별 단위별로 보안성이 요구되는 건물은 보안 설비, 실시간이 요구되는 금융 기관 등의 건축물, 전산 시설은 온라인 시스템을 위한 전산 설비, 생명을 다루는 병원 시설에서는 의료 설비, 온라인 등 세계적인 네트워크를 위한 데이터 건물은 데이터용 서버 및 운전 시설을 모두 예비전원으로 확보해 가고 있다. 과거에는 예비 전원과 비상 전원은 일부 부하가 두가지 전원에 양다리를 걸치고 있어 공칭하여 부르기도 했으나 명확히 구분하면 상기와 같이 명확히 다른 의미를 지니고 있다.