

빌딩 지하에 설치된 자가발전시스템의 환기제어방식에 관한연구

홍원표, 강병권
대전산업대학교

A Ventilation Control Method of Stand-by Generating System Installed in Underground Building

W.P Hong, B.K Kang
Taejon National University of Technology

Abstract - This paper presents a ventilation method and control of stand-by generating system installed underground building. The regulational problem & current status of ventilation system including the architectural construction & building service and facility are also investigated.

1. 서 론

고도의 산업 사회화된 현대는 특히 오피스와 공장 등에서 OA기기 등이 업무의 중심이 되고 정밀한기기의 대중화로 인하여 비상용예비전원의 중요성이 증대되고 있다. 특히 빌딩 내에 설치된 비상용 자가발전시스템은 대용량 예비전원으로 공장 및 오피스에 대부분 설치되어 있으며 현재 설치공간의 제약에 따라서 빌딩의 지하 2층 이하에 대부분 설치되고 있는 실정이다. 이 자가발전시스템은 현재 디젤 구동형과 가스 터빈 구동형이 주류를 이루고 있으며 이 발전시스템은 특성상 비상시 정상적인 운전을 위하여 환기시스템의 적절한 제어 및 설계가 매우 중요하다. 현재 법적인 규정의 미비 및 발전시스템의 설치 절차상 발전시스템은 제작사의 설계자료에 의하여 시공이 이루어지고 있고, 환기시스템은 발전기 제작사가 제공하는 환기량 데이터를 기초로 기계설비 시공업체에서 설계 및 시공이 이루어지고 있다. 이러한 발전기실은 건물시공순서상 제일 늦게 시공되고 있으며 건축, 기계, 전기엔지니어들의 충분한 토의 없이 설계 및 시공이 이루어지고 있어 문제점이 발견되어고 현재 대책을 수립하기 어려운 실정에 있다.

이러한 설계, 시공상과 관련된 문제점 및 환기시스템의 중요성의 간과 등으로 인하여 현재 환기시스템의 급기량과 환기량의 충분한 확보의 어려움과 적절한 환기시스템의 제어 및 설계가 이루어지지 않고 있어 대부분의 발전시스템이 온도과열로 인하여 정상적인 운전이 불가능한 것으로 조사되고 있다. 이는 비상예비전원으로서의 역할에 심각한 문제점을 내포하고 있는 실정이다. 이에 본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위하여 환기시스템의 법규적인 문제점을 지적하고 디젤 및 가스터빈시스템의 모델을 상정하여 환기제어방법 및 환기방식에 대한 환기량분석 및 적절한 환기시스템의 제안하였다.

2. 본 론

2.1 환기관점에서 본 자가발전설비의 현황 및 문제점

정전이 되었을 경우 빌딩, 공장 등의 기능이나 영업을 위해 最小限의 防災와 保安전력을 확보하기 위해서는 비상용예비전원으로써 통상 자가발전설비나, 축전지설비를 설치하였다. 또한 최근에는 컴퓨터와 정보처리기기 등과 같은 정밀한 기기들은 순시전압 강하나 플러키에도 허용되지 않기 때문에 무정전 전원장치(UPS포함)가 보편화되고 있는 추세에 있다. 그러나 비상전원으로서 즉시 응답을 요하고 비교적 소용량 설비에서는 축전지나 무정전 전원장치를 사용하고 있지만 소화설비용으로 사용되는 일반빌딩 및 고층빌딩에서는 대용량의 비상전원설비가 필요하기 때문에 자가발전설비가 모든 건물에 설치되어 이의 용량을 대비하고 있다. 이 자가발전설비는 부하에 대한 적응성, 전원용량 대형화의 용이성, 전원의 독립성 등의 면에서 가장 적절한 예비전원 설비이다. 또한 이 자가발전설비는 에너지저장 계통과 결합시키면 컴퓨터와 같은 전원요건이 까다로운 부하의 전원으로도 사용될 수 있을 뿐만 아니라, 또한 사용여건에 따라 공정배열을 회수하여 스택터이빈으로부터

전력을 생산할 수 있고, 열병합발전 및 화계부하시의 피크커팅 용으로도 사용이 가능하여 에너지절약적인 측면에서도 좋은 시스템이라 할 수 있다. 현재 현장에 사용중인 자가발전기는 원동기에 의하여 디젤엔진, 가솔린엔진 및 가스터빈엔진 등으로 분류되며, 이들 원동기는 각각의 장단점을 가지고 있어 해당 여건에 따라서 선정되어야 하며 통상 저압에서는 5kW부터 750kW까지 소용량 설비에는 디젤엔진이 널리 사용되고 있으며 고압인 1,000kW급에서는 디젤과 가솔린엔진이 사용되고 있다. 최근에는 부하가 요구하는 전원용량이 커짐에 따라 발전기용량도 증가함으로 상면적 및 소음 등의 환경문제로 인하여 효율이 높은 가스터빈발전기(2,000kW~3,000kW)가 도입, 설치되고 있는 추세에 있다. 자가발전설비를 건물의 지하층에 시설하는 경우 디젤인 경우에 시스템 및 운전방식의 편리성으로 인하여 라지터에 의한 냉각시스템 대부분 사용되고 있으나 (대전충남지역 : 98%)실내환기량이 많이 필요하고 소음도 커서 건물지하실등 환기량이 부족한장소 또는 소음이 있는 장소에는 적합치 않다. 이 방식은 몰사정이 나쁜장소와 소형엔진에서 사용하나 현실적으로 대부분 사용되고 있는 실정이다. 급배기 시설의 설계방법에 대한 세심한 배려가 필요하다.

2.2 법규적인 측면에서의 고찰.

현재 비상용예비전원의 법적 위치는 소방법과 건축법에 규정되어 있다. 즉 소방법에는 「비상전원」으로 건축기본법에서는 「예비전원」으로 규정되어 있으며 또한 정전시 최소한의 설비운용을 위한 보안적인 측면에서의 예비전원과 공용되는 경우도 증가하는 추세에 있다. 전기사업법의 비상용예비전원과 건축법의 예비전원 및 소방법의 비상전원은 기본적인 차이점이 없고 공용하는 경우가 많으므로 모든 보안전원 설비를 포괄적으로 비상용예비전원 설비라고 볼 수 있다. 또한 원동기로서 내연기관, 가스터빈을 사용하는 전압이 7000[V]이하이면 전기사업법에 의한 수요설비기준에 부대설비인 비상용예비전원 적용을 받는다. 미국은 NFPA에, 일본의 경우 소방법에서 자가발전기에 관하여 고시로 규정되어 있지만 우리나라는 고시가 제정되어 있지 않다.

2.3 발전기실의 환기계통

2.3.1 환기방식

자가발전실은 옥외로 통하는 유효환기장치를 설치하게 되어 있다. 환기방식은 자연환기방식과 강제환기방식이 있으며 강제 환기방식의 전력은 자가발전설비에 가해지는 부하회로에서 공급된다. 환기량은 그림 1과 같이 일반적으로 엔진의 연소용량 기보급, 실온상승여계, 보수원의 위상확보로 결정된다.

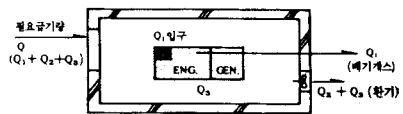


그림 1. 발전기실의 환기 모형

자연환기방식은 루비에 의하여 풍향, 풍력에 따라 좌우되므로 대부분의 경우 강제환기방식이 채용된다. 실제로는 환기방식은 자연환기와 기계환기와와의 조합에 의하여 4종류로 그림2와 같이 분류할 수 있다. 현재 지하에 설치된 발전기실을 고려할 때

제1~3종환기를 건물에 따라 선택할 수 있으나 온도상승에 따른 발전설비의 안전운전을 위하여 제1종환기방식을 선택하는 것이 바람직하다.

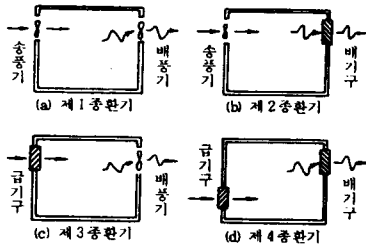


그림 2. 환기방식의 종류

그림3은 1종환기의 기본형인 데 제1종환기는 기계급기와 기계배기를 병용에 의한 환기를 말한다. 일반적으로 외기를 정화하기 위하여 공기정화(air filter)가 필요하며 오피스 건물에서는 공조설비와 같이 환기를 검토할 필요가 있다.

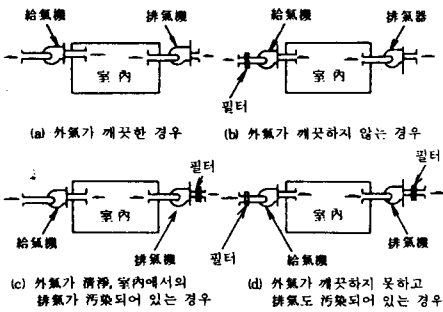


그림 3. 제 1종환기법

지하에 설치된 발전기실을 고려할 때 1종환기방식을 응용이 필요하며 그 응용에는 그림 4와 같이 고려할 수 있다. 지하실에 공기를 공급하고 배기할 수 있는 건축구조가 아니기 때문에 그림의 4가지 방식을 건물 구조에 따라서 응용하여 사용할 필요가 있다.

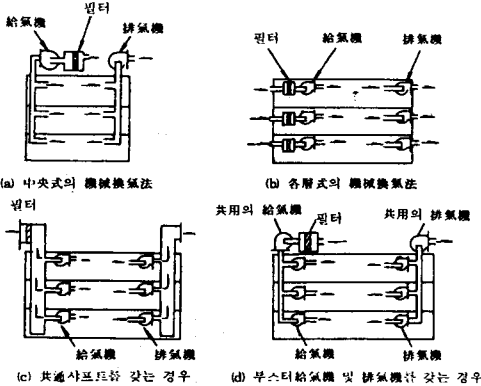


그림 4. 제 1종 환기의 응용 예

특히 공조설비와의 조합운전에 관한 방식도 제1종배기방식에서 검토할 필요가 있다. 또한 엔진의 종류, 냉각방식에 따라 환기량 계산방법 및 환기방식의 선택에서 다르며 특히 발전기실의 위치에 따른 환기계통의 건축적인 고려에 따라 크게 달라진다.

2.3.2 발열량 및 필요공기량

표 1. 발전기실의 실내발열량과 필요공기량

항목	다 이 젤 방 식	비 고
연소에 필요한 공기량 V_1 [m ³ /min]	$V_1 = \frac{14 \cdot b \cdot p \cdot \epsilon}{60 \cdot \rho}$	b: 연료소비율 (Kg / ps · h) p: 기관출력 (ps) ρ : 공기밀도 (Kg / m ³) (700mmHg, 30°C : 1.165) ϵ : 공기과잉율 (과급기 있는 경우: 2.5, 과급기가 없는 경우: 2.0)
다이젤엔진 표면 발열량 Q_1 [Kcal/h]	$Q_1 = p \cdot b \cdot q \cdot f$	q: 연료저위발열량 (Kcal/Kg) f: 엔진의 발열율(0.03)
발전기본체에서의 발열량 Q_2 [Kcal/h]	$Q_2 = w \cdot \varphi \cdot 860 \left(\frac{1}{\eta_x} \right)$	w: 발전기의 정격 출력(KVA) φ : 0.8, η_x : 발전기 효율: 0.9
배기소유기 발열량 Q_3 [Kcal/h]	$Q_3 = (\theta_0 - \theta_r) \cdot \pi \cdot d \cdot \alpha \cdot L$	θ_0 : 소유기의 내부온도(°C) θ_r : 소유기의 외부온도(°C) d: 소유기의 외경(m) α : 단열재의 열전달율 10(Kcal/m ² · h · °C) L: 소유기의 길이(m)
배기관에서의 발열량 Q_4 [Kcal/h]	$Q_4 = \frac{\theta_0 - t}{\frac{1}{2\pi} \left(\frac{1}{\lambda} \ln \frac{d_1}{d_0} \right)}$	d_0 : 관의 외경 d_1 : 관의 단열공사후 외경(m) λ : 열전도율, 0.0635 (Kcal/m ² · h · °C)
배전반 및 배조기로서 쓰이는 모타류의 발열량 Q_5	$Q_5 = S_1 \times 860$	S_1 : 소비전력 (Kwh)
다이젤 엔진 냉각발열량 Q_6 (Kcal/h) (배기 덕트설치 실외방출)	$Q_6 = ps \cdot b \cdot q \cdot Hb$	ps: 다이젤 엔진 출력(ps) Hb: 냉각수에 빼앗기는 열량비율: 0.3
기타(조명 등) Q_7 (Kcal/h)	$Q_7 = S_2 \times 860$	S_2 : 소비전력 (KW h)
환기에 의하여 방출할 때 공기량 V_2 (m ³ /min)	$V_2 = \frac{Q_e(Q_7)}{C_{pa} \cdot \rho \cdot \Delta t \cdot 60}$	$Q_e = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 + Q_7$ $Q_e = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 + Q_7$
운전원을 위한 필요 공기량 V_3	$V_3 = \text{시람수} \times 0.5 \text{ (m}^3/\text{min)}$	
발전기실의 필요 공기량 라디에터방식 $V = V_1 + V_2 + V_3$ (m ³ /min) Heat exchanger 방식 $V = V_1 + V_3$ (m ³ /min)		

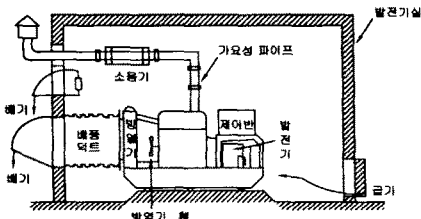
발전기설치장소의 건물 또는 방의 환기량은 다이젤 기관의 연소용 공기량, 다이젤기관, 발전기, 소유기, 배기관등의 발열로 인한 실온상승 억제문제, 운전원의 위생적문제등을 고려하여 결정한다.

4. 환기방식 및 제어방식 결정

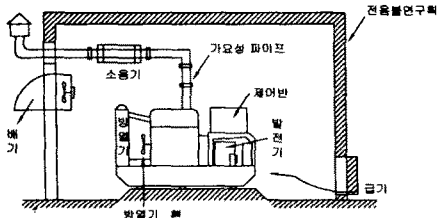
2.4.1 환기계통 설계방안 제안

(1) 다이젤 구동방식
방열기방식인 경우의 환기방식은 배기덕트를 사용하는 방식과 실내확산방식이 있다. 배기덕트를 사용하는 경우 실내환기

많은 방열기 송출량이 대부분이지만 급기 개구부 면적을 충분히 확보하지 않으면 실내유입공기량이 부족한 경우가 있음으로 유의해야 한다. 실내확산 모델은 환기장치의 능력과 방열기 팬의 송출량이 합치하지 않으면 바열기 배풍이 실내에 滯留할 염려가 있다.



(a) 배풍덕트를 사용한 모델



(b) 실내확산 모델

그림 5. 다이절 구동방식의 환기 모델

2.4.2 발전기실 지하공간의 압력제어

발전기실은 충분한 공간이 필요하고 건축법과 소방법에 내화구조 및 재료, 방화문을 설치하고 밀폐된 상태에서 발전기를 운전하도록 되어 있다. 그러나 현실적으로 가동시 환기량부족을 보충하기 위하여 방화문과 관련 개구부를 개방하여 운전하고 있다. 이 때문에 발전기와 동중에 있는 실은 문의 개폐가 어려운 負壓이 발생하여 빌딩운영 및 근무환경이 극도로 악화 될 수 있다. 따라서 이러한 문제점을 해결하기 위하여 발전기실에 부합을 겸출하는 정압겸출기를 설치하여 발전기를 제어하는 빌딩 제어기인 DDD에 이부압신호를 겸출하여 별도의 제어기 없이 정압의 효과적인 제어가 가능하다. 이때 부합이 발생할시 AHU나 별도의 공기를 발전기실에 공급할 수 있도록 덕트설비를 시설해야 한다. 현장에서는 대부분 지하공간의 환기나 공조를 위하여 덕트가 시설되어 있어 시공면에서도 간단히 시설할 수 있다. 그림은 온 공조기 덕트를 통하여 부압을 제어할수 있는 제어시스템을 나타낸 것이다.

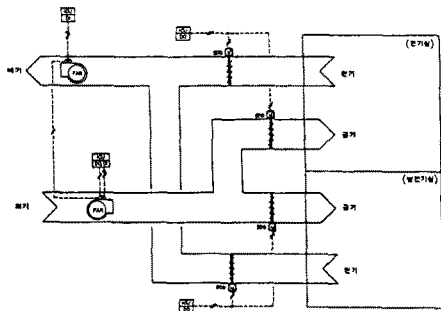


그림 6. 정압제어 덕트 시스템

3. 결 론

지하에 설치되는 자가발전설비의 구동엔진방식에 대한 환기 방식 및 제어에 대한 기술적이고 법규적인 문제점을 제시하고 이를 해결책을 제시한 결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) 대전충남지역의 오피스빌딩의 자가발전기시스템을 조사한결과 다이절구동방식이 98%를 점유하고 있으며 또한 이 위치는 지하 2~3층에 소재하고 있고 지하 6층에 있는 건물도 있는 실정이다.

(2) 선진국에서는 비상용예비전원에 대한 종합적인 설계, 시공, 관리를 위한 법규적인 장치가 마련되어 있지만 (일본: 소방법, 미국: NFPA) 우리나라에서는 소방법에 구체적인 기준(고시)이 제정되어 있지 않다.

(3) 다이절구동방식과 가스터빈 구동방식의 각각에 대하여 효과적인 환기방식을 제시하였으며 관련이론해석 및 설계시의 문제점 및 해결방안에 대하여 검토하였다.

(4) 발전기의 가동시 환기시스템 부적절한 시공으로 발전기 실과 동중에 설치된 공간의 환기부족을 해결하기위하여 정압센서를 설치하여 별도의 덕트시설이나 AHU덕트를 발전기실에 설치하여 부족한 공기량을 자동적으로 보급하는 시스템을 제안하였다.

[참 고 문 헌]

- [1] 일본 Ohm 社. 전기설비사전, 1988년.
- [2] 홍원표, "비상용예비전원의 관련법규와 동향", 한국조명전기설비학회지, Vol.11, No. 5, pp17-27, 1977.
- [3] 대우(주), 다이절엔진발전기 설치공사 및 기술지침.
- [4] 공간에술사, 설계실무체크리스트 건축설비 계획, 1996.