

공동주택의 비상발전기 용량산정방식에 관한 고찰

(Some Considerations on the Capacity Estimation of Emergency Electric Generator in Apartment Complex)

金正泰* · 李旭**
(Jeong-Tae Kim · Wook Rhee)

要 約

본 연구에서는 공동주택에 설치되는 비상발전기의 용량산정 방식에 대하여, NEGA C 201 방식을 적용할 때 필요한 동시시동그룹의 구성과 수용률의 적용 방법을 제시하였으며, 대상부하를 “정전시 부하”와 “화재시 부하”로 구분하여 계산할 것을 제안하였다. 아울러, 500호~1,500호 정도의 대·중·소 규모 공동주택 단지를 대상으로 비상발전기의 용량을 산출하고 실측 결과와의 비교를 통해 본 연구의 제시 방안이 타당함을 입증하였다. 또한, 본 연구에 의한 비상발전기 설계용량은 NEGA C 201 방식에 의한 엔진용량 및 기존 방식에 의한 엔진용량과 잘 정합되는 것으로 나타났다.

Abstract

In this study, for the capacity estimation of emergency electric generators built in apartment complex using NEGA C 201 method, it was proposed application methods of simultaneously starting groups and demand factors. Also, it was suggested that capacities of the electric generator might be calculated for two kinds of electric facilities; one is loads for the convenience of tenants when main electric supply cuts off, and the other is loads for fire. For 7 apartment complex of large-size (about 1,500 households), medium-size (about 1,000 households) and small-size (about 500 households), electric generator capacities were calculated and electric power were measured. Through the comparison between calculated values and measured values, it could be proved the suitability of these application methods. In addition, the calculated electric generator capacities were appeared to fit into engine capacities by NEGA C 201 method as well as those by conventional method.

1. 序 論

최근 전자공학의 발전에 따라 인버터 승강기와 같이 공동주택에 설치되는 전기설비의 종류와 특

*正會員 : 대진대학교 전기공학과 전임강사

**正會員 : 대진대학교 전기공학과 조교수

接受日字 : 1996年 3月 16日

성이 달라지고 있으며¹⁾, 정전시에 입주자의 편의를 위하여 각종 전기설비에 비상전원을 공급하는 등 비상발전기에 대한 종래의 개념이 변화되고 있다. 따라서, 비상발전기의 용량산정방식도 이러한 변화에 대응되어야 하지만, 국내에서는 기존 비상발전기 용량산정방식인 P_{G1} , P_{G2} , P_{G3} 계산방식^{2,3)}을 그대로 이용하거나 약간 변형하여 사용하는 등^{4,5)} 아직 정립되지 않고 있다.

일본에서는 인버터 제어방식의 출현에 따라 유도전동기의 기동계급에 대한 규격인 JIS C 4204를 1983년에 폐지하였고, 이 규격을 적용하던 종래의 비상발전기의 용량산정방식인 P_{G1} , P_{G2} , P_{G3} 계산방식을 개선하여 전기설비의 전자화 추세에 대응한 새로운 비상발전기 용량산정방식인 NEGA C 201 방식을 정립하였으며, 일본 소방청에서는 이 새로운 방식에 의거하여 비상발전기 산출용량을 제출하도록 하고 있다.^{6,7)}

NEGA C 201 방식은 인버터 제어방식 및 고조파 발생기에 대해 별도로 고려하고 엔진출력 계산값과 비교하여 발전기 용량과 정합을 이루도록 산출하는 방식으로, 수 많은 경험과 실험으로부터 발전기 운전시의 모든 경우가 상세히 포함될 수 있도록 고려한 방식이다.⁸⁾ 그러나, 국내 공동주택에 이 방법을 적용하는 데에는, 공동주택 전기설비의 부하 종류가 다양하고 계산과정에 필요한 수용율과 동시시동그룹의 설정이 되어있지 않기 때문에, 이 방식을 그대로 적용하는 것은 현실적으로 불가능한 상태이다.

따라서, 본 연구에서는 최근 공동주택 전기부하의 변화에 대응하는 비상발전기의 용량산정 방식인 NEGA C 201 방식을 적용할 경우, 부하 종류 및 운전특성에 따른 부하의 구분, 동시시동그룹 구성 그리고 수용율 적용 문제 등에 대해 다루고, 실제 공동주택 단지에 대한 발전기 용량계산 및 실측 결과와의 비교를 통해 본 연구의 제시 방안에 대해 검토해보고자 한다.

2. NEGA C 201 방식을 적용한 비상발전기 용량산출방법

NEGA C 201 방식에서는 발전기 출력 및 엔

진 출력을 산출하고 이에 대한 정합률을 구하여 발전기 용량을 결정하도록 되어 있다.

2.1 발전기 용량 산출

$$G = R_G \cdot K \quad (1)$$

단, G : 발전기 출력[kVA],

R_G : 발전기 출력계수[kVA/kW]

K : 부하출력 합계[kW]

발전기의 용량 결정식인 식 (1)에서, 부하출력합계 K [kW]는 개개 부하기기의 출력[kW] m_i 들의 전체 합이며, 개개 부하출력은 개개 부하기기의 정격 표시에 의한다. 발전기 출력계수 R_G 는 다음과 같은 4개의 계수 중 가장 큰 것으로 결정하며, R_G 의 실용상 바람직한 범위는 $1.47 D \leq R_G \leq 2.2$ 이다. (D : 전체 수용률) 그리고, 발전기의 제반 특성은 일본전기공업회 규격인 JEM-1354⁹⁾에 준거하고 있다. 여기서, 발전기 출력계수 R_G 는 다음과 같다.

① R_{G1} : '정상부하 출력계수'라 하며 발전기단에서의 정상부하전력에 의해 정해지는 계수로서 종래 P_{G1} 에 해당하며, 식 (2.a)와 같다.

$$R_{G1} = \frac{1}{\eta_L} \cdot D \cdot S_L \cdot \frac{1}{\cos \theta_g} \quad (2.a)$$

단, η_L : 부하의 종합 효율,

$\cos \theta_g$: 발전기 정격 역률

D : 부하의 수용율

여기서, 부하가 불평형인 경우에 적용되는 선전류의 증가계수 S_L 는

$$S_L = \sqrt{1 + \frac{\Delta p}{K} + \frac{\Delta p^2}{K^2} (1 - 3u + 3u^2)}$$

Δp : 단상부하 불평형분 합계 출력치[kW], 3상 각 선간에 단상부하 A, B 및 C 출력치[kW]가 있고, $A \geq B \geq C$ 의 경우 $\Delta p = A + B - 2C$

u : 단상부하 불평형 계수, $u = \frac{A-C}{\Delta p}$

이고, $\eta_L = 0.85$, $\cos \theta_g = 0.8$ 을 적용하면 다음과 같은 실용식 (2.b)가 된다.

$$R_{G1} = 1.47D \cdot S_L \quad (2.b)$$

② R_{G2} : '허용전압강하 출력계수'라 하며 전동기의 시동에 의해 발생하는 발전기단 전압강하의 허용량에 의해 정해지는 계수로서 종래 P_{G2} 에 해

당하며, 식 (3)으로 된다.

$$R_{G2} = \frac{1-\Delta E}{\Delta E} \cdot X_{dg}' \cdot \frac{k_s}{Z'_m} \cdot \frac{M_2}{K} \quad (3)$$

단, ΔE : 발전기단 허용전압강하 (PU : 자기용량 베이스, 일반적으로 20%)

X_{dg}' : 부하 투입시의 전압강하를 평가한 임피던스 [PU], 보통 0.25 적용

k_s : 부하의 시동방식에 의한 계수

Z'_m : 부하 시동시 임피던스 [PU]

M_2 : 시동시 전압강하가 최대가 되는 부하기의 출력[kW]전체의 시동입력($\frac{k_s}{Z'_m} \cdot m_i$) 값을 계산하여 그 값이 최대가 되는 m_i 를 M_2 로 결정함.

m_i : 개개 부하기의 출력[kW]

③ R_{G3} : '단시간 과전류 내력 출력계수'라 하며, 발전기단에서 과도시 부하전류의 최대치에 의해 정해지는 계수로서 종래 P_{G3} 에 해당하며, 식 (4.a)가 된다.

$$\begin{aligned} R_{G3} &= \frac{1}{K_{G3}} \left\{ \frac{d}{\eta_b \cdot \cos \theta_b} \left(\frac{1-M_3}{K} \right) + \frac{k_3}{Z'_m} \cdot \frac{M_3}{K} \right\} \\ &= \frac{1}{K_{G3}} \left\{ \frac{1}{\eta_b \cdot \cos \theta_b} + \left(\frac{k_3}{Z'_m} - \frac{d}{\eta_b \cdot \cos \theta_b} \right) \frac{M_3}{K} \right\} \end{aligned} \quad (4.a)$$

단, K_{G3} : 발전기 단시간 과전류 내력 [PU]

d : 베이스 부하의 수용률

η_b : 베이스 부하의 효율

$\cos \theta_b$: 베이스 부하의 역률

M_3 : 단시간 과전류 내력을 최대로 하는 부하기의 출력[kW], 모든(시동입력[kVA]-정격입력[kVA]값이 최대가 되는 부하 출력[kW]) ($\frac{k_s}{Z'_m} - \frac{d}{\eta_b \cdot \cos \theta_b}$) $\cdot m_i$ 를 계산하여 그 값이 최대가 되는 m_i 를 M_3 로 함.

m_i : 개개 부하기의 출력[kW]

여기서, $\eta_b=0.85$, $\cos \theta_b=0.8$, $K_{G3}=1.5$ 를 적용하면 다음과 같은 실용식 (4.b)가 된다.

$$R_{G3} = 0.98d + \left(\frac{1}{1.5} \cdot \frac{k_s}{Z'_m} - 0.98d \right) \frac{M_3}{K} \quad (4.b)$$

④ R_{G4} : '허용역상전류 출력계수'라 하며 부하에서 발생하는 역상전류 및 고조파 전류의 관계에 의해 정해지는 계수로서 종래 계산방식에는 없는

새로운 항목이며, 식(5.a)로 된다.

$$R_{G4} = \frac{1}{K} \cdot \frac{1}{K_{G4}} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^n \left(\frac{R_i \cdot h_i}{\eta_{vi} \cdot \cos \theta_i} \right)^2 + \left(\frac{\Delta P}{\eta \phi \cdot \cos \theta \phi} \right)^2 \cdot (1-3u+3u^2)} \quad (5.a)$$

단, K_{G4} : 발전기의 허용역상전류에 의한 계수 [PU]

R_i : 고조파 발생부하의 정격출력[kW]

h_i : 부하의 고조파 발생률(기기의 고조파전력 발생량을 등가역상전류로 환산한 계수)

η_{vi} : 고조파 발생부하의 효율

$\cos \theta_i$: 고조파 발생부하의 역률

ΔP : 단상부하 불평형분 합계 출력치[kW]

$\eta \phi$: 각 단상부하의 효율(각 단상부하 모두 같은 것으로 간주)

$\cos \theta \phi$: 각 단상부하의 역률(각 단상부하 모두 같은 것으로 간주)

u : 단상부하 불평형계수

여기서, 다음과 같이 일반적인 값을 적용하면 실용식 (5.b)로 된다.

$$\begin{aligned} \left. \begin{aligned} h_i &= 0.35 \\ \eta_{vi} &= 0.9 \\ \cos \theta_i &= 0.9 \end{aligned} \right\} \frac{0.35}{0.9 \cdot 0.9} = 0.432, \\ \left. \begin{aligned} \eta \phi &= 1.0 \\ \cos \theta \phi &= 0.8 \end{aligned} \right\} \frac{1}{1.0 \cdot 0.8} = 1.25 \\ R_{G4} &= \frac{1}{K_{G4}} \sqrt{(0.432 \frac{R}{K})^2 + (1.25 \frac{\Delta P}{K})^2 (1-3u+3u^2)} \end{aligned} \quad (5.b)$$

R : 고조파 발생부하 합계[kW]

2.2 엔진 용량의 산출

$$E = 1.36 \cdot R_E \cdot K \quad (6)$$

단, E : 엔진 출력[PS],

R_E : 엔진 출력계수[kW/kW]

K : 부하출력 합계[kW]

엔진 용량산출의 기본식은 식 (6)과 같으며, 여기서, 부하출력 합계는 상기한 바와 같고, 엔진출력계수 R_E 는 다음과 같은 3개의 계수 중 가장 큰 것을 선택하여 엔진출력 E 를 결정하게 되며, R_E 값의 바람직한 범위는 $1.3 \cdot D \leq R_E \leq 2.2$ 이다. (D

: 전체 수용율)

① R_{E1} : '정격부하 출력계수'라 하며 정상시의 부하에 의해 정해지는 계수로서 식(7.a)가 된다.

$$R_{E1} = \frac{1}{\eta_L} \cdot D \cdot \frac{1}{\eta_g} \quad (7.a)$$

단, K: 부하의 출력합계(kW)

η_L : 부하 종합효율

D: 부하의 수용률

η_g : 발전기 효율

여기서, $\eta_L=0.85$, $\eta_g=0.9$ 를 대입하면 실용식(7.b)를 얻을 수 있다.

$$R_{E1} = 1.3 \cdot D \quad (7.b)$$

② R_{E2} : '허용회전수 변동 출력계수'라 하며 과도적인 부하 급변에 대한 회전수 변동의 허용치에 의해 정해지는 계수로서, 식(8.a)로 된다.

$$\begin{aligned} R_{E2} &= \frac{1}{\epsilon} \cdot \frac{f_v}{\eta'_g} \left[(\epsilon - a) \frac{d}{\eta_b} \left(1 - \frac{M'_2}{K} \right) \cdot \frac{k_s}{Z'_m} \cos \theta_s \right. \\ &\quad \left. \cdot \frac{M'_2}{K} \right] \\ &= \frac{1}{\epsilon} \cdot \frac{f_v}{\eta'_g} \left[(\epsilon - a) \frac{d}{\eta_b} + \left\{ \frac{k_s}{Z'_m} \cos \theta_s - (\epsilon - a) \right. \right. \\ &\quad \left. \left. \frac{d}{\eta_b} \right\} \frac{M'_2}{K} \right] \quad (8.a) \end{aligned}$$

단, ϵ : 엔진의 무부하시 투입허용량(PU: 자기 용량 베이스)

f_v : 순시 주파수 저하, 전압강하에 의한 투입부하 감소계수

η'_g : 발전기의 과부하시 효율

d: 베이스 부하의 수용률

k_s : 부하의 시동방식에 의한 계수

$\cos \theta_s$: 부하 시동시의 역률

M'_2 : 부하투입시 회전수 변동이 최대로 되는 부하기기의 출력(kW), {부하시동입력(kW) - 엔진 순시투입허용량을 고려한 정상부하입력(kW)}의 값이 최대가 되는 부하출력(kW) $\left\{ \frac{k_s}{Z'_m} \cos \theta_s - (\epsilon - a) \frac{d}{\eta_b} \right\} m_1$ 를 계산하여 그 값이 최대로 되는 m_1 를 M'_2 로 함.

a: 엔진의 가상 전부하시 투입허용량(PU)

η_b : 베이스 부하의 효율

Z'_m : 부하 시동시의 임피던스(PU)

K: 부하 출력합계(kW)

여기서, 디젤 엔진인 경우에는 $a=0.25 \cdot \epsilon$ 와 $f_v=0.9$, $\eta_b=0.85$, $\eta'_g=0.86$ 을 대입하면 다음과 같은 실용식(8.b)가 된다.

$$\begin{aligned} R_{E2}(D/E) &= 0.923 \cdot d + \left(\frac{1.046}{\epsilon} \cdot \frac{k_s}{Z'_m} \cos \theta_s - \right. \\ &\quad \left. 0.923 \cdot d \right) \frac{M'_2}{K} \quad (8.b) \end{aligned}$$

또한 가스터빈 엔진인 경우에는 $a=\epsilon$ 인 관계와 $f_v=0.9$, $\eta'_g=0.86$ 을 대입하면 다음과 같은 실용식(8.c)가 된다.

$$R_{E2}(GT) = \frac{1.046}{\epsilon} \cdot \frac{k_s}{Z'_m} \cos \theta_s \cdot \frac{M'_2}{K} \quad (8.c)$$

③ R_{E3} : '허용 최대 출력계수'라 하며 과도시 걸리는 최대 부하에 의해 정해지는 계수로 식(9.a)가 된다.

$$\begin{aligned} R_{E3} &= \frac{1}{\gamma} \cdot \frac{1}{\eta'_G} \cdot \left[\frac{d}{\eta_b} \cdot \left(1 - \frac{M'_3}{K} \right) + \frac{k_s}{Z'_m} \cos \theta_s \right. \\ &\quad \left. \cdot \frac{M'_3}{K} \right] \\ &= \frac{1}{\gamma} \cdot \frac{1}{\eta'_G} \cdot \left[\frac{d}{\eta_b} + \frac{k_s}{Z'_m} \cos \theta_s - \frac{d}{\eta_b} \right. \\ &\quad \left. \cdot \frac{M'_3}{K} \right] \quad (9.a) \end{aligned}$$

단, γ : 엔진의 단시간 최대출력(PU)

η'_G : 발전기 과부하시 효율

M'_3 : 부하투입시 원동기 출력을 최대로하는 부하기기의 출력(kW) 즉, (시동입력(kW) - 정격입력(kW) 값이 최대가 되는 부하기기의 출력(kW)으로, $\left(\frac{k_s}{Z'_m} \cos \theta_s - \frac{d}{\eta_b} \right) m_1$ 를 계산하여 그 값이 최대가 되는 m_1 를 M'_3 로 함.

여기서, $\eta'_g=0.86$, $\eta_b=0.85$ 를 적용하면 실용식(9.b)가 된다.

$$\begin{aligned} R_{E3} &= \frac{1}{\gamma} \cdot \left[1.368 \cdot d + \left(1.16 \cdot \frac{k_s}{Z'_m} \cos \theta_s - 1.368 \right. \right. \\ &\quad \left. \left. \cdot d \right) \frac{M'_3}{K} \right] \quad (9.b) \end{aligned}$$

이상과 같이 R_E 를 구하여 가장 큰 것을 선택하

표 1. 엔진출력 보정계수 C_r

부하출력 합계K[kW]	출력 보정 계수 C_r
30 이하	1.125
30 초과 80 이하	1.060
80 초과	1.000

여 엔진출력 E를 결정하게 되며, R_F 값의 바람직한 범위는 $1.3 \cdot D \leq R_F \leq 2.2$ 이다. 한편, 발전기의 용량이 작은 경우에는 엔진의 축출력에 대해 엔진출력 보정계수 C_P 는 다음 표1과 같이 적용한다.

2.3 발전기 출력 및 엔진 출력의 정합

자가발전설비로서 조합되는 발전기 및 엔진은 산출된 각각의 출력에 대해 다음 식 (10)으로 나타나는 정합율(M_R)로 확인한다. 이 때, 정합률의 범위는 $0.7 \leq M_R \leq 1.0$ 이다.

$$M_R = \frac{\left(\frac{G \cdot \cos \theta}{0.736 \eta_g} \right)}{E} \quad (10)$$

단, M_R : 정합율

G : 발전기 출력[kVA]

E : 엔진 출력[PS]

$\cos \theta$: 발전기 정격 역률(보통 0.8)

η_g : 발전기 효율

2.4 출력산정시 주요사항

이상과 같이 발전기 및 엔진의 출력을 산출한 후 정합율을 계산하여 발전기 용량을 구하도록 되어 있으나, 산출과정에서 대상 부하에 대한 동시시동그룹을 구성하여야 하고 전체 수용률 및 R_{G2} , R_{G3} , R_{E2} 및 R_{E3} 의 계산을 위한 베이스 부하 수용률을 적용하는 문제가 있다. 이러한 문제는 대상 부하의 종류와 운전패턴 등과 관련되기 때문에 공동주택이나 오피스 빌딩 또는 그 밖의 건축물에 동일하게 적용시킬 수는 없고 각각의 부하 특성에 맞게 적용되어야 한다.

3. 국내 공동주택 비상발전기에 대한 NEGA C 201 방식 적용 방안 및 분석

3.1 대상부하 구분(정전시 부하와 화재시 부하의 구분)

일반적으로 비상발전기에 연결되는 부하는 입주자의 편의를 위한 정전시 부하와 화재가 발생하였을 때 소방에 필요한 부하로 나누어 고려할 수 있다. 이에 따라, 발전기의 용량을 고려할 때에도 정전시와 화재시로 구분하여 용량을 산출할 수 있

으며, 본 연구에서는 이 두 가지 경우에 해당하는 비상발전기 용량을 각각 계산한 뒤 큰 것으로 선정하였다.

공동주택의 비상발전기에 걸리는 전기시설에 대해 정전시 부하와 화재시 부하로 나누어 구체적으로 열거하면 다음과 같다.

정전시 부하: 승강기, 급수펌프, 배기팬·배수펌프, 공용부분 전등전열, 옥외등·공동구 및 관리소의 전등전열, 오수정화시설 및 액화가스 저장 시설 등

화재시 부하: 승강기, 소화수펌프, 스프링클러, 비상등, 유도등 및 비상콘센트 등

3.2 NEGA C 201 방식 적용시 동시시동그룹 및 수용을 적용

3.2.1 동시시동그룹의 결정

NEGA C 201 방식에서는 대상부하 중에서 동시에 시동되는 부하들을 하나로 묶어 마치 하나의 시설이 운전되는 것처럼 간주하여 동시시동그룹을 결정하게 된다. 여기서, 동시시동그룹이란 전동기를 예로 들면 1대의 전동기가 시동된 후 5초 이내에 다른 1대가 시동된다면 동시시동그룹으로 간주할 수 있음을 의미하는 말이다.⁸⁾

그러나, 다양하게 사용되는 부하들에 대해 동시에 시동되는 그룹으로 구분한다는 것은 매우 어려운 일이다. 즉, 승강기의 경우, 어느 같은 시간에 운전중인 승강기 들에 대해서는 승강기 대수별 수용률을 적용시키면 되지만, 이것은 승강기 들이 어떤 시간에 같이 운전되고 있다는 확률을 나타내는 것이지 동시에 같이 시동된다는 것은 아니다. 또한 급수펌프도 일반적으로 여러 대 설치되어 있으며, 이 펌프들 중 2대 정도는 같은 시간에 운전될 수 있지만 2대가 동시에 시동되는 것은 아니다. 그리고, 중간기게실에 설치되는 배기팬, 배수펌프 및 전등전열 또한 동시에 ON되는 것은 아니기 때문에 부하실별로 동시시동그룹을 결정할 수 없다.

이와 같이 동시시동그룹의 결정은 매우 어렵기 때문에, 본 연구에서는 부하들의 운전 확률과 실제 운전패턴을 고려하고, 용량이 작은 부하들은 NEGA C 201 방식에 의한 발전기 용량산정시 큰

요인으로 작용하지 않기 때문에 산출의 편의성을 감안하여 가능한 한 하나로 묶는 방법으로 동시시동그룹을 결정하였다.

본 연구에서 결정한 동시시동그룹과 그에 대한 설명은 다음과 같다.

① 승강기

공동주택 단지 내의 승강기를 10대 이상 설치할 경우에는 4 : 3 : 3의 비율로, 10대 미만 설치할 경우에는 5 : 5의 비율로 그룹짓되, 큰 용량의 승강기 우선으로 구성한다. 이것은 전체승강기들 가운데 어느 순간에 동시에 시동될 확률을 50%라 보고, 동시에 시동되는 승강기 들도 최저층에서 전부하로 상승되는 경우(시동 kVA의 100%) 뿐 아니라 반대로 최상층에서 전부하로 하강하는 경우(시동 kVA의 50%)도 있을 것이므로, 그평균값으로 시동 kVA의 75%를 고려하여 동시시동되는 승강기를 최저층에서 전부하로 상승될 때로 환산하면 전체 승강기의 $0.5 \cdot 0.75 = 0.38$, 즉 38%의 승강기가 동시에 최저층에서 전부하로 동시에 상승된다고 생각할 수 있다. 따라서, 설치된 모든 승강기에 대해 4 : 3 : 3의 비율로 동시시동그룹을 구성할 수 있으며, 안전성 확보를 위해 용량이 큰 승강기를 우선적으로 고려한다. 한편, 10대 이하인 경우에는 단지 전체의 부하용량 중에서 승강기가 차지하는 비율이 상대적으로 크기 때문에 충분한 여유를 주어 5 : 5의 비율로 본 것이다.

그러나, 승강기에 시간지연(time delay)회로가 부착된 경우에는, 정전후 발전기가 가동되어 전원이 투입될 때 승강기들이 순차적으로 기동되어 여러 대가 동시에 시동되는 일은 피할 수 있게 되므로, 모든 승강기는 따로 동시시동되는 그룹으로 보아야 할 것이다.

이 때, 전동기 용량은 다음 표 2¹⁾와 같이 적용

할 수 있다. 이 용량은 국내 유사한 승강기 제작업체들에서 사용하고 있는 전동기 용량을 감안하고 승강기의 전부하 운전시 측정된 시동 kVA를 고려하여 산출한 값이다.

② 급수 펌프

각 급수모터 1대씩 별도로 구성한다. 3대 또는 4대가 설치되어 있는 급수펌프의 경우 실측에 의하면¹⁰⁾, 같은 시각에 2대가 운전중인 경우는 있었으나 2대가 동시에 시동되는 경우는 없었다. 또한, 최근 많이 적용되고 있는 순차기동방식에는 2대가 동시에 시동되지 않게 된다. 따라서, 1대씩 별도의 동시시동그룹으로 구성하였다.

③ 소화수 펌프

화재시를 대비하여 별도 그룹으로 구성하며, 소화수펌프와 스프링클러를 같은 그룹으로 구성한다.

④ 배기팬 및 배수 펌프

용량이 매우 작으므로 하나의 그룹으로 간주한다. 그러나, 실제로 동시시동되지는 않으므로 계산에는 의미가 없다.

⑤ 각종 전등전열류

시동 kVA가 없는 부하이므로 모두 하나의 동시시동그룹으로 간주한다.(공용부분, 옥외보안등, 공동구, 복지관 등의 전등전열 포함)

⑥ 오수정화조

Blower 펌프는 보통 큰 용량과 작은 용량의 전동기 2대가 한 묶음으로 운전되고 타이머를 설정하여 또 다른 2대의 전동기 묶음과 교대 운전하게 되므로, 큰 용량과 작은 용량의 전동기 2대는 동시에 시동될 수 있는 것으로 간주하여 하나의 동시시동그룹으로 구성하고, 나머지 수중펌프·scraper·팬·조작전원 및 전등전열 등을 모두 묶어 별도의 동시시동그룹으로 구성한다.

⑦ 액화가스 저장시설

표 2. 인버터 승강기에 적용되는 전동기 출력[kW]¹⁾

기종	60 m/min					90 m/min				
	8인	11인	13인	15인	17인	8인	11인	13인	15인	17인
I _{act} [A]	28	35	39	43	47	36	45	52	57	64
시동[kVA]	18.43	23.04	25.67	28.30	30.93	23.69	29.62	34.22	37.52	42.12
M[kW]	5.12	6.40	7.13	7.86	8.60	6.58	8.23	9.51	10.43	11.71
결정값[kW]	5.5	7.5	9.5	9.5	11	7.5	9.5	13	13	15

별도 그룹으로 구성한다.

3.2.2 수용률 결정

본 연구에서는 정전시 용량과 화재시 용량을 구분하여 산출하므로, 적용되는 수용률도 각각 따로 고려한다.

① 정전시 수용률 적용

입주자의 편의를 위하여 정전시에 가동되는 발전기는 정상적으로 운전되는 부하들을 구동시키는 것이므로, 수용률에 대해서는 변압기의 용량을 산출할 때의 수용률을 그대로 적용해도 문제되지 않는다. 따라서, 예를 들면 공동주택의 각 전기설비에 대한 수용률을 다음과 같이 적용할 수 있다.⁵⁾

(가) 승강기 : 표 3과 같이 승강기 대수별 수용률 (사용빈도 큼)적용

(나) 기타 부하 : 수용률 52% 적용⁵⁾

② 화재시 수용률 적용

화재시 부하는 모든 소방부하가 전부하로 운전될 수 있어야 한다는 점을 고려하면, 100%의 수용률로 적용되어야 한다. 이 경우 승강기는 단지 내의 모든 동에서 화재가 발생된다고는 볼 수 없기 때문에 표 3과 같은 승강기 대수별 수용률을 적용한다. 부하별로 적용하는 수용률은 다음과 같다.

(가) 승강기 : 정전시와 동일하게 대수별 수용률 (사용빈도 큼)적용

(나) 기타 전 소방부하 : 수용률 100% 적용(소화수펌프, 스프링클러, 비상등, 유도등, 비상콘센트 등)

3.2.3 고조파 발생부하

대상부하중 고조파 발생부하는 승강기 뿐이며,

표 3. 승강기 대수별 수용률(사용빈도 큼)

대수	수용률	대수	수용률
1	1.0	11	0.60
2	0.91	12	0.59
3	0.85	13	0.58
4	0.80	14	0.57
5	0.76	15	0.57
6	0.72	17	0.55
7	0.69	20	0.53
8	0.67	25	0.49
9	0.64	30	0.47
10	0.62		

승강기의 실제 운전상황을 고려하여 승강기의 대수별 수용률을 적용하고 환산요율(1.224)을 고려하여 산출한다.⁶⁾

3.3 단지별 실제 계산결과 및 분석

본 연구에서는 기존의 방식⁵⁾에 의해 용량산정된 발전기가 설치되어 있는 7개 대상단지에 대해, NEGA C 201 방식 및 상기한 바와 같은 정전시와 화재시의 구분, 이에 따른 동시시동그룹구성 및 수용률 등을 고려하여 다음 표 4와 같이 비상발전기의 용량을 산출하였다. 이 때, 대상단지는 대규모(약 1,500세대), 중규모(약 1,000세대), 소규모(약 500세대)의 단지를 선택하여, 여러 규모의 공동주택에 따라 전기설비의 종류 및 용량이 다르게 설치되는 경우에 대해 비교하였다. 즉, 일반적인 전기시설이 있는 경우를 포함하여, 급수 및 소화수 펌프의 설치 방법이 다른 경우, 오수정화시설이나 액화가스 저장시설이 있는 경우, 그리고 단지 규모가 작아 어느 한 부하의 비중이 큰 경우 등 다양한 경우를 선택하여, 본 연구의 제시방안에 대한 타당성을 검토하였다.

표 4에 나타난 바와 같이 정전시와 화재시로 구분하여 용량을 산정하였을 때, 일반적으로는 정전시의 용량으로 인해 발전기의 용량이 결정될 것으로 생각되지만 화재시의 용량으로 인해서도 발전기의 용량이 결정됨을 알 수 있다. 이것은 화재시에는 소방설비의 수용률을 100%로 계산하였기 때문이다. 그리고, 기존 방식⁵⁾에 의한 용량과 비교해 보면 대체로 동급이거나 1~2등급 아래 용량의 발전기가 선정됨을 알 수 있다. 이것은 승강기가 VVVF 방식이므로 이에 대한 계산방법이 기존 방식과 다르기 때문이다.

한편, 본 연구에서 제시하는 설계방법의 타당성을 입증하기 위해서는 실제 공동주택에서 가장 가혹한 조건으로 비상발전기의 가동시험을 수행하여야 한다. 하지만, 이러한 시험은 현실적으로 불가능하다. 왜냐하면 비상발전기에 대한 실측은 공동주택 내의 모든 전기시설이 정상적으로 운전되고 있고 전력사용이 가장 큰 때에 전원을 차단하고 비상발전기를 가동시켜야 만이 가능하기 때문이다. 그러나, 전력사용이 최대인 때에 승강기의

운전이 최대로 빈번하고 급수펌프의 기동이 가장 많은 때로 볼 수 있음-전원을 차단하는 것은 입주자에게 큰 불편을 초래할 뿐 아니라 사고의 위험도 있다. 또한, 이러한 시험을 실제로 시행한다고 하여도 전력사용이 최대인 순간을 포착한다는 것은 거의 불가능하기 때문에 가장 가혹한 시험이라고 할 수 없다. 따라서, 비상발전기에 대한 실측을 통해 설계값의 타당성을 입증한다는 것은 상당히 어려운 문제이다.

따라서, 본 연구에서는 공동주택 내의 모든 전기시설이 정상적으로 운전되고 있는 상황을 장기간 실측하여 측정기간 동안의 순간 최대 전력을 측정하였으며, 이것을 토대로 본 연구의 설계값과 비교하였다. 순간 최대전력의 실측값은 의미적으로 베이스 부하가 운전되고 있을 때 커다란 시동 kVA를 지닌 부하(예 : 승강기, 급수펌프 등)가 시동될 때의 순간전력이라고 생각할 수 있다. 따라서, 이러한 비교가 정확한 것은 아니지만, 설계값의 타당성을 입증하기 위한 참고 자료로서 적용할 수 있다고 생각된다.

실측은 전력사용량이 많은 하절기를 택하여 상기한 7개 공동주택 단지들에서 수행하였으며, 각 단지마다 일주일 동안 순간 전력(측정간격 1초)

을 측정하여 측정기간 동안의 순간 최대전력을 구하였다.

한편, 정상 전원이 차단되었을 때 화재가 발생된다면 평상시에 기동하고 있지 않던 소화수펌프나 스프링 쿨러와 같은 소방설비가 가동될 것이므로, 이를 감안하였을 때에도 비상발전기는 정상적으로 운전되어야 한다는 점을 고려할 필요가 있다. 따라서, 설계값과의 비교에 있어서도 정상운전에 측정된 순간 최대전력에 소방부하인 소화수 펌프와 스프링 쿨러가 동시에 시동될 때의 전력을 더한 것(본 연구에서는 '순간 최대예상부하'라 지칭함)을 설계값과 비교해 볼 필요가 있다.

이러한 순간 최대예상부하는 부하들이 동시에 시동될 때의 시동 kVA를 고려한 것이므로, 동시시동의 정의에 따라 5초 이내에 이루어지게 된다. 한국 전기공업협동조합의 '디젤엔진 구동 육상용 동기발전기'에 대한 규격인 KEMC-1111¹¹⁾에 의하면, 발전기는 정격전압에서 정격전류의 150%에 15초 동안을 견뎌야 한다는 규정이 있으므로, 비상발전기는 이와 같은 순간적인 피크값을 충분히 견디게끔 설계되고 있다. 따라서, 순간 최대예상부하는 설계값에 150%를 고려한 값과 비교하여야 타당하다.

표 4. NEGA 방식에 의한 발전기 용량 선정값과 기존 설계용량과의 비교

대상 단지 (번호)	세대수 (호)	대상부하			기존 용량 (참고문헌 (5)에 의한)	NEGA 방식에 의한 비상발전기 선정용량	선정사유	기존 용량과의 비교*
		정전시 [kW]	화재시 [kW]	특이점				
1	1,651	648.71	507.61	—	500[kW]	450[kW] 562.5[kVA]	화재시	한 등급 아래
2	1,445	452.01	293.75	—	400[kW]	300[kW] 375[kVA]	정전시	두 등급 아래
3	1,133	409.08	239.07	오수정화 설치됨	350[kW]	250[kW] 312.5[kVA]	정전시	두 등급 아래
4	984	293.42	207.69	—	300[kW]	200[kW] 250[kVA]	정전시, 화재시	두 등급 아래
5	925	347.97	201.28	오수정화,액화가스 설치됨	300[kW]	250[kW] 312.5[kW]	정전시	한 등급 아래
6	593	201.53	154.75	급수, 소화수 펌프 없음.	200[kW]	200[kW] 250[kVA]	정전시	동 급
7	474	277.35	233.10	급수펌프를 큰 것으로 1대 설치	300[kW]	250[kW] 312.5[kVA]	화재시	한 등급 아래

* 기존용량과의 비교는 한국 전기공업협동조합의 '디젤엔진 구동 육상용 동기발전기'에 대한 규격인 KEMC-1111¹¹⁾에 나타난 발전기 표준정격출력에 의거하였음.

표 5. NEGA 방식에 의한 발전기 용량 선정값과 순간 최대예상부하와의 비교

대상 단지 (번호)	비상발전기 선정용량 [kVA]	선정용량의 150% [kVA] ①	순간 최대예상부하[kVA]			순간최대예상 부하와의 비교(%) ①/②×100%
			순간 최대 전력 실측값	소방부하 시동[kVA]	소계 ②	
1	562.5	843.8	210.0	214.2	424.2	50.3
2	375	562.5	170.5	53.6	224.1	43.4
3	312.5	468.8	173.4	53.6	227.0	59.1
4	250	375	91.2	53.6	144.8	38.6
5	312.5	468.8	165.5	53.6	219.1	46.7
6	250	375	88.8	—	(88.8)	(23.7)
7	312.5	468.8	87.6	232.3	319.9	68.2

이상과 같은 관점으로부터 표 5에 순간 최대전력의 실측값 및 순간 최대예상부하 그리고 본 연구의 설계값과의 비교를 나타내었다. 본 연구 설계값의 150%에 대한 순간 최대예상부하의 비율은 38.6%~68.2%로 되어, 본 연구에 의해 용량 산정된 비상발전기는 이와 같은 가혹한 조건에서도 충분히 안정하게 전력을 공급할 수 있는 것으로 생각할 수 있으며, 순간 최대예상부하에 30% 정도의 안전율을 적용한다고 하여도 적절한 설계값으로 볼 수 있다. 이상과 같은 실측값과의 비교로부터 NEGA C 201 방식을 이용한 본 연구의 용량산정방법은 타당하다고 할 수 있다.

한편, NEGA C 201 방식에서는 발전기 용량뿐 아니라 엔진 용량을 구하여, 발전기 용량과 정합되는가를 나타내도록 되어 있다. 상기한 7개 공동주택 단지에 대하여 NEGA C 201 방식과 본 연구에서 제시한 동시시동그룹 구성 및 수용율을 적용하여 구한 엔진 용량과, 발전기 용량과의 정합을 나타낸 정합률을 표 6에 나타내었다. 표에서 알 수 있는 바와 같이 NEGA C 201 방식에 의한 엔진 용량과 발전기 용량은 모두 정합율의 허용범위인 $0.7 \leq MR \leq 1.0$ 에 포함되어 발전기와 엔진이 잘 정합됨을 알 수 있다.

현재 국내의 전기설비설계업체에서는 발전기의 용량설계만 담당하고 있으며 엔진용량의 설계에 대해서는 발전기 제작업체에서 하고 있기 때문에, 기존의 엔진용량 산정방식^{2~4)}으로 엔진을 설계할 경우에는 NEGA C 201 방식에 의해 설계된 발전기 용량과 정합되지 않을 수도 있다. 따라서 본 연구에서 제시하는 발전기 용량을 기존의 엔진

표 6. NEGA 방식에 의한 발전기 용량, 엔진출력, 정합율 및 기존방식에 의한 엔진출력과의 정합률 비교

대상 단지 (번호)	비상발전기 선정용량 [kVA]	NEGA 방식		기존 방식	
		엔진출력 {PS}	정합율 MR	엔진출력 {PS}	정합율 MR
1	562.5	900	0.74	700	0.95
2	375	600	0.74	450	0.98
3	312.5	500	0.74	400	0.92
4	250	400	0.74	300	0.98
5	312.5	450	0.82	400	0.92
6	250	350	0.84	300	0.98
7	312.5	500	0.74	400	0.92

* 단, 기존방식^{2~4)}의 엔진출력은 다음과 같이 계산함.

$$P_{E} = \frac{P_G \cdot P_{\eta}}{0.736 \cdot \eta_G} \text{ (PS)}$$

(P_G : 발전기 용량[kVA], η_G : 발전기 규약효율, P_{η} : 부하중합역률)

용량 산정방식으로 계산된 엔진용량과의 정합을 검토하였다. 표 6에서 알 수 있는 바와 같이 본 연구의 발전기 설계용량은 기존 방식에 의한 엔진용량과도 잘 정합됨을 알 수 있다. 이와 같은 결과는 국내에서 현실적으로 이원화되어 있는 발전기 용량과 엔진 용량의 산정에서도 본 연구 결과가 타당성이 있음을 의미한다.

4. 결론

본 연구에서는 공동주택에 설치되는 비상발전기에 대하여, NEGA C 201 방식을 근간으로 공동주택에 적합한 비상발전기 용량설계방안을 다음

과 같이 제시하였다.

첫째, NEGA C 201 방식을 이용하여 비상발전기의 용량을 산출할 때, 대상부하를 “정전시 부하”와 “화재시 부하”로 구분하여 계산하여 이 중 큰 것으로 용량을 결정한다.

둘째, 동시시동그룹은 공동주택 전기설비의 종류 및 운전특성을 고려하여 각 부하군으로 구성하며, 이에 따른 수용률의 적용은 정전시에는 변압기 용량 산출시의 수용률을 그대로 적용하고 화재시의 경우에는 100%로 적용한다.

아울러, 이러한 방법을 이용하여 500호~1,500호 정도의 대·중·소 규모 공동주택 단지를 대상으로 비상발전기의 용량을 산출한 결과, 실측값과 비교하여 상당히 안전한 설계값임을 알 수 있었고 NEGA C 201 방식에 의한 엔진용량 및 기존 방식에 의한 엔진용량과 잘 정합되는 것으로 나타나, 본 연구의 제시 방안이 타당함을 입증할 수 있었다.

참 고 문 헌

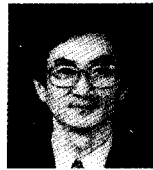
- 1) 대한주택공사, 인버터승강기의 동력설비 용량산정 및 고조파해석에 관한 연구, 1993.
- 2) 東京電機大學, 防災電氣ハンドブック, 東京電機大學出版局, 1978.
- 3) 電氣設備工學會, 電氣設備工事設計・施工マニュアル, オーム社, 1979.
- 4) 지철근, 건축전기설비, 문운당, 1987.
- 5) 대한주택공사, 전기 통신 설계지침서, 1995.
- 6) 日本 電設工業, シリーズ解説 最近の 消防法 および同政令 規則に 關する 通知(その1), 1989년 3월호
- 7) 日本 電設工業, 自家發電設備の 出力算定に 關する 100號通知の 一部改正について, 1990년 8월호
- 8) 社團法人 日本內燃力發電設備協會, 自家發電設備 出力算出方法解説書(Q & A付), 消防廳豫防果 監修
- 9) 日本 電氣工業協會規格, デイゼルエンジンゾ ン 陸用 同期發電機, JEM-1354, 1982.
- 10) 대한주택공사, 에너지 절감을 위한 전동력의 고효율 운전 제어 연구, 1995.
- 11) 한국 전기공업협동조합, 디젤엔진 구동 육상용 동기발전기, KEMC 1111, '1989.

◇ 著 者 紹 介 ◇



김 정 태(金正泰)

1960年 1月 1日生. 1982年 漢陽大學校 電氣工學科 卒. 1987年 漢陽大學校 電氣工學科 卒(碩士). 1992年 漢陽大學校 電氣工學科 卒(博士). 1992年~95年 大韓住宅公社 研究所 先任研究員 現在 대진大 工大 電氣工學科 專任講師.



이 옥(李旭)

1954年 2月 16日生. 1978年 崇實大 電氣工學科 卒. 1981年 崇實大 大學院 電氣工學科 卒(碩士). 1981年~1991年 全州 工業專門大學 副教授. 1991年 崇實大 大學院 電氣工學科 博士課程 修了. 現在 대진大 工大 電氣工學科 助教授.