

# 事務所建物の 電氣設備容量 算定에 관한 研究

\* 김 세 동, 최 도 혁

\* 한국건설기술연구원 기전연구실 선임연구원

## A Study on the Estimation of Electric Equipment Capacity in Office Buildings

Se-dong Kim, Do-Hyuk Choi

KOREA INSTITUTE OF CONSTRUCTION TECHNOLOGY

### ABSTRACTS

This paper shows a reasonable design standard of electric equipment capacity for office buildings, that was made by the systematic and statistical way considering actual conditions, such as investigated electric equipment capacity, electric power consumption, etc for 121 buildings.

The saving of electric equipment investment, the decrease of power loss, the improvement of facilities utilization and the decrease of electric power rates can be contributed by the application of the design standard.

### 1. 서 론

계속되는 경제성장과 생활수준의 향상으로 전기에너지의 소비는 매년 급격히 증가되고 있다. 특히 사무소건물과 같은 전역다소비 건물에서는 전력의 효율적 이용에 의한 에너지절감은 물론 설계단계에서의 합리적인 전기설비설계가 요청되고 있다. 따라서, 변전시설용량을 적정하게 설계하기 위해서는 우리나라의 건물특성(용도, 규모, 설비특성)에 적합한 합리적이고 통계적인 수요율 및 변전시설 및도 적용기준이 요구되며, 보다 정확한 장래 전력수요예측이 요구된다.

본 연구에서는 10층 이상의 사무소 건물 121개소를 대상으로 건물특성(규모, 용도, 설비특성)별 전기설비현황 및 전력사용 실태를 조사하고 1980년 이후 최대전력과 전력수요변화를 조사하여 이를 토대로 합리적이고 통계적인 변전시설용량의 적정설계를 위한 기준을 설정한다.

### 2. 변압기용량의 선정과 수요율 고찰

#### 2.1 변압기용량의 선정방법

변압기는 전력설비를 구성하는 기기 가운데 가장 중요한 기기로써 적정한 용량선정이 필요하다. 변압기용량은 부하 전체의 특성, 수요율, 부동률, 부하율 등을 가능한 정확히 파악하고 장래의 부하증설, 운전조건 및 급전방식 등의 관련사항을 충분히 검토하여 적정한 용량이 선정되도록 설계해야 한다.

일반적으로 수변전설비의 변압기 용량은 다음과 같이 선정한다.

(1) 조명, 전열, 동력, 냉동기부하 등의 부하용량이 선정되면 부하중별 설비용량을 결정한다.

(2) 부하설비용량으로부터 적정 수요율을 곱하여 최대수요전력을 예측하고 역률, 전압변동률을 고려하고 아울러 장래의 수요 여유를 감안한 후, 각부하중별 변압기의 용량(KVA)을 결정한다.

$$\text{변압기용량} = \text{부하설비용량} \times \text{수요율/부동률} \text{ [KVA]}$$

### 2.2. 수요율

수요율은 건물내에 시설된 전 부하설비 용량에 대하여 실제로 사용되고 있는 부하의 최대수요전력의 비율을 나타내는 계수로서 아래의 식과 같이 표시하며, 처음 전기설비를 설계할 때에 수변전설비의 용량이나 간선 굵기 등을 결정하는데 필요한 지표이다.

$$\text{수요율} = \frac{\text{최대수요전력}}{\text{총부하설비용량}} \times 100 \text{ [\%]}$$

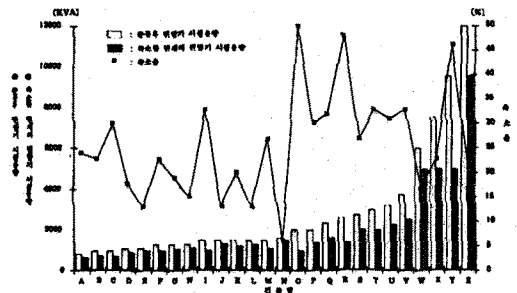
### 3. 실태조사 및 분석

#### 3.1 조사개요

서울, 부산, 대구, 광주, 인천, 대전의 6개 도시에 산재해 있는 10층 이상의 사무소용 건물 450개소를 선정하였으며, 이들 건물에 대한 전기설비현황 및 전력사용실태에 대한 실태조사를 실시하여 121개소로 부하 협조를 받았으며, 본 조사에 협조해준 121개소의 건물들 대상으로 실태조사 및 현장조사를 실시하였다. 본 조사의 정확성과 신뢰성을 높이기 위해 조사원이 직접 방문하여 전기설비현황 및 전력사용 실태조사를 실시하였다. 그리고, 한국전력 전자계산소에서 보관하고 있는 전력사용 실적자료를 조사하였다.

#### 3.2 변압기시설용량 변경현황

조사 건물 121개소중 증공당시보다 변압기 시설용량이 증가 또는 축소된 건물이 48개소로 나타났다. 이 중에서 변압기 용량을 축소 한 건물이 26개소로 조사되었다.



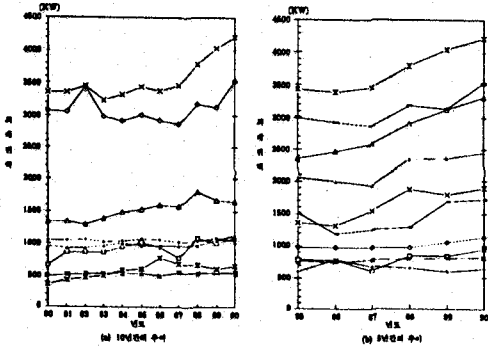
<그림 1. 건물별 변압기 시설용량의 축소현황>

그림 1은 건물증공 이후 변압기용량을 축소한 26개소 건물의 축소현황을 나타낸 것이며, 축소 요인을 살펴보면 부하중별로 변압기용 분리축소한 곳이 3개소, 조명 또는 동력용 변압기를 축소한 곳이 2개소, 터보식냉동기를 흡수식냉동기로 전환하여 축소하였거나 또는 냉동기의 운전 방법 개선, 냉동기의 대수제어 적용 등으로 인하여 냉동

기용 변압기를 축소한 곳이 5개소, 기타 전반적인 과다설계로 변압기를 축소한 곳이 16개소로 조사되었다.

### 3.3 년간 최대수요전력의 성장추이 분석

전기설계시 장래의 부하 증가에 대비해서 5~10년 정도 예견하여 설계에 반영하고 있는데, 이에 대한 자료가 현재까지 전무한 실정이다. 그림 2는 생활건물 28개소의 년간 최대전력의 성장추이를 나타낸 것이며, '85~'90년사이의 5년간 최대수요전력의 증가율은 평균 14% 증가한 것으로 분석되었다. 그리고, '80~'90년 사이의 10년간 최대수요전력의 증가율은 평균 35.3% 증가한 것으로 분석되었다.



<그림 2. 건물별 최대전력 성장추이>

### 3.4 변전시설밀도 적용실태

본 실태 조사에서는 조사건물의 부하중별 부하설비용량에 대한 자료의 정확성이 부족하여 부하밀도를 분석하지 않고 변압기의 명크별 용량을 기준으로 하여 변전시설밀도를 분석하였다. 조사된 121개소 사무소건물의 평균 종합 변전시설밀도는 87.8 [VA/m<sup>2</sup>]로 분석되었으며, 표 1은 부하중별 변전시설밀도를 나타냈다.

<표 1. 부하중별 변전시설밀도의 적용실태>

구 분	부하중별 변전시설밀도[VA/m <sup>2</sup> ]			
	조명용	사무자동화용	동명용(일반동력 및 냉동기 포함)	냉동기용
평균 값	23.8	15.0	61.3	31.7
상가 없는 건물	22.3		61.0	31.6
상가면적비가 10%이하인 건물	24.6		56.0	31.9
상가면적비가 10%이상인 건물	27.0		68.2	31.7
'79년 이전 건물	27.0		60.5	32.8
'80~'85년 사이 건물	23.3		64.1	31.8
'86년 이후 건물	22.5		57.2	30.9

주: 1) '91년도 현재의 부하중별 변압기용량을 기준  
2) 상가면적비 10%는 건물연면적에 대한 상가면적비율 의미함.  
3) 건물연면적용 기준

### 3.5 수요율이 적용실태

본 연구의 수요율 분석은 조사건물의 변압기 명크별 최대전력에 대한 자료가 없는 관계로 조명 및 동력 부하등의 부하중별 수요율 분석하지 않고, 건물의 전체 시설부하에 대한 수요율 즉, 종합 수요율을 분석하였다.

표 2는 수요율 및 변압설비 과용량률의 실태 조사 결과를 나타낸 것이며, 조사건물의 평균 수요율이 48.7%로 분석되었고, 변압설비의 과용량상태를 나타내는 변압설비 과용량률은 평균 168.7%를 나타내고 있어 수변전변압기 용량의 적정하는 매우 시급한 과제라고 할 수 있다.

### 4. 적정 변전용량 산정기준 설정

#### 4.1 부하중별 변전용량의 적정 산정기준

##### 4.1.1 조명용 변전용량

<표 2. 수요율 및 변압설비 과용량률의 적용실태>

구 분	수요율 적용 실태 [%]		변압설비 과용량률 적용실태 [%]
	수요율	변압기여유율	
평균 값	48.7	51.3	168.7
상가 없는 건물	46.2	53.8	181
상가 있는 건물	50.2	49.8	161
'79년 이전 건물	52.1	47.9	157
'80~'85년 사이의 건물	49.6	50.4	163
'86년 이후 건물	45.4	54.6	191

주: 최대수요전력은 건물 준공 이후 최고치를 기준으로 함

#### 1) 설정조건

##### (1) 규정상의 검토

내선규정에서 일반사무실의 표준 부하밀도는 30 VA/m<sup>2</sup>이고, 복도, 계단, 강당등에는 별도로 부하밀도를 계상하도록 규정하고 있다. 그리고, 미국 NEC에서는 3.5 W/ft<sup>2</sup>(=37.6 W/m<sup>2</sup>)로 정하고 있으며 리셉터나 수량이 불분명한 경우에는 1 W/ft<sup>2</sup>(=10.74 W/m<sup>2</sup>)를 추가하도록 규정하고 있다.

##### (2) 적용실태결과

실태 결과, 건물연면적을 기준으로 할 경우 평균조명용 변전시설밀도는 23.8 VA/m<sup>2</sup>이고, 사무실 전용면적(건물연면적의 70% 적용)을 기준으로 할 경우에는 34 VA/m<sup>2</sup>으로 분석되었다.

#### 2) 조명용 변전용량의 적정기준

조명용 변전시설밀도는 본 실태결과 및 관련기준 등을 감안, 표 3과 같이 고려하는 것이 바람직하다. 다만 사무소용 건물에서 강당의 무대조명설비와 같은 특수 조명시설에 부하밀도를 상정하는 경우에는 예외로 한다.

<표 3. 조명용 변전시설밀도의 기준>

구 분	상가 없는 건물	상가 있는 건물
조명용 변전시설밀도	20 VA/m <sup>2</sup>	20~25 VA/m <sup>2</sup>

주: 건물연면적 기준

#### 4.1.2 사무자동화용 변전용량

##### 1) 설정조건

##### (1) 규정상의 검토

현재 사무자동화용 부하밀도에 대해서 국내의 관련 규정 또는 기준 등에서 규정되어 있는 데이터는 없는 실정이다.

##### (2) 적용실태결과

실태 결과, 건물연면적을 기준으로 하였을 경우 평균 사무자동화용 변전시설밀도는 15 VA/m<sup>2</sup>으로 분석되었다. 아울러, 컴퓨터와 같은 중요부하에 전원을 공급하기 위하여 건물내에 무정전전원장치(UPS) 또는 자동전압조정장치(AVR)를 시설하고 있는 건물이 조사건물 121개소중 71개소로 나타났으며, 71개소 평균 UPS/AVR 설치용량은 111.7/58.5 KW로 두장치를 합하면 170 KW 정도 설치되었다.

##### (2) OA용 변전용량의 적정기준

OA기기용 변전용량을 산정하는 경우에는 건물임주회사의 성격, 대형컴퓨터의 사용유무, OA기기의 배치 등을 고려하여 부하용량을 산정하여야 한다. 앞으로 정보화시대의 진전으로 각종 OA기기의 사용이 급증할 것으로 전망되기 때문에 최소한 사무자동화용 변전시설밀도는 15 VA/m<sup>2</sup>이상 설계에 반영하는 것이 바람직하다.

### 4.1.3 동력용 및 냉동기용 변전용량

#### 1) 설계조건

##### (1) 규정상의 검토

내선규정 제 305-1절에 의하면 전동기부하의 산정은 개개의 명판에 표시된 경계전류를 기준으로 하여 부하용량을 산정하도록 규정하고 있다. 엘리베이터, 에어컨디셔너 또는 냉동기 등의 특수한 용도의 전동기부하의 산정에는 해당 전동기 명판에 표시된 경계전류외에 특성 및 사용방법을 기준으로 하여 산정하도록 규정하고 있다.

##### (2) 적용실태결과

##### (가) 동력용 (냉동기 포함) 변전시설밀도

실태 결과, 건립연면적용 기준으로 할 경우 평균 동력용 변전시설밀도는 61.3 VA/m<sup>2</sup>이고, 사무실 전용면적(건물연면적의 70% 적용)을 기준으로 할 경우에는 87.6 VA/m<sup>2</sup>으로 분석되었다.

##### (나) 냉동기용 변전시설 밀도

실태결과, 건물연면적을 기준으로 할 경우 평균 냉동기용 변전시설밀도는 31.7 VA/m<sup>2</sup>이고 사무실면적(건물연면적의 70% 적용)을 기준으로 할 경우에는 45.3 VA/m<sup>2</sup>으로 분석되었다.

#### 2) 동력용 변전용량의 적정기준

동력부하용량을 산정하는 경우에는 각 전동기의 부하조건, 입력조건, 사용전압, 기동방식 등을 가능한 정확히 파악하여 산정하여야 하며, 동력용변전시설밀도는 본 실태결과 및 관련문헌 등을 감안, 표 4와 같이 설정하는 것이 바람직하다.

<표 4. 동력용 변전시설밀도의 기준>

구 분	터보식 냉동기 채용시	흡수식 냉동기 채용시
동력용 변전시설 밀도	50~60 VA/m <sup>2</sup>	25~30 VA/m <sup>2</sup>

주: 건물연면적 기준

### 4.2 수요율 기준

#### 4.2.1 설계조건

##### 1) 부하의 특성

사무소건물의 경우 전부하용량에 대하여 냉방부하가 차지하는 용량이 대단히 높고, 하절기의 최대전력과 동절기의 최대전력이 매우 큰 차이를 나타내고 있다(그림 2참조). 또한 낮과 밤의 부하변동이 아주 심하다는 것이 빌딩부하의 특성이다.

##### 2) 수요율의 적용실태 결과

수요율 및 변압설비과용률 등의 실태결과, 조사건물의 평균 수요율이 48.7%로 분석되었고, 변압설비의 과용률상태를 나타내는 변압설비 과용률은 평균 168.7%를 나타냈다. 이와같이 변압기 여유율이 51.3%나 되는 것으로 분석되었고, 향후 설비증설 및 전력사용 증가 등을 고려하여 5년후의 최대전력 증가여유율을 14%, 10년후의 최대전력 증가여유율을 35%로 감안하더라도 변압기 여유율이 44.4%, 34.2%나 되는 것으로 나타났다.

##### 4.2.2 수요율의 적정기준

이미 전술한 바와 같이 과용률 변압기가 설치된 근본원인은, 최초설치시 수요율 및 여유율을 지나치게 높게 설정되었기 때문인 것으로 판단된다.

실태조사결과 및 관련 기준을 감안, 사무소건물의 설비특성을 고려한 수요율은 표 5와 같이 5~10년의 최대전력 증가여유율을 감안, 상가없는 건물에서는 50~60%, 상가있는 건물에서는 55~65%로 적용하는 것이 적합하다고 판단되어진다.

<표 5. 수요율 기준(안)>

구 분	수요율 기준		비 고
	최대전력증가여유율 14% 고려시	최대전력증가여유율 35% 고려시	
· 상가 없는 건물	50	60	· 10층이상의 사무소 건물중에서 빌딩자동화 시스템을 설치하고 냉동기의 최대운전제어가 가능한 건물을 대상으로 한다.
· 상가 있는 건물	55	65	

주: 최대전력증가여유율 14%와 35%는 실태결과 5년 및 10년간의 최대전력 증가여유율을 나타냄.

### 5. 결 론

본 연구에서는 우리나라의 건물 특성에 적합한 합리적인 전기설비용량 산정을 위한 기준 설정을 위하여 121개소의 사무소 건물을 중심으로 전기설비 현황 및 전력사용 실태조사 결과와 국내외 적용기준을 종합적으로 분석하였으며, 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 건물 준공당시보다 변압기시설용량을 증가(22개소) 또는 축소(26개소)한 건물이 48개소로 조사되었으며, 설계단계에서의 정확한 부하계산이 이루어지지 못하고 있음이 지적된다.

2) 실태결과 수요율 적용값 (건물 준공 이후 최대전력을 기준)은 48.7%로 분석되었으며, 변압기 여유율이 51.3%나 높게 나타났다.

3) 변압기 용량의 과용률 상태를 나타내는 변압설비 과용률 (건물준공 이후 최대전력을 기준)은 평균 168.7%로 조사 분석되었으며, 과용률이 200%가 넘는 건물이 23개소로 조사되었다.

4) 동절기와 하절기중의 최대전력수요율 비교한 결과 동절기중 최대전력이 하절기중 최대전력의 58.4% 정도를 차지하는 것으로 분석되었으며, 대부분의 건물들이 냉방부하용으로 전력을 많이 소비하는 것으로 지적되어 하절기 냉방부하에 대한 적극적인 대책이 강구되어야 한다.

5) 전기설계시 장래의 부하증가에 대비해서 5~10년 정도 예견하여 설계에 반영하고 있는데, 이에 대한 자료가 현재까지 전무한 실정이었다. 본 실태 결과 '85년 기준 5년간의 최대전력의 평균증가율은 14%로 분석되었고, '80년도 기준 10년간의 최대전력의 증가율은 35.3%로 분석되었다.

6) 실태결과 종합 평균 변전시설밀도는 87.8 VA/m<sup>2</sup>, 조명용은 23.8 VA/m<sup>2</sup>, 동력용은 61.3 VA/m<sup>2</sup>, 냉동기용은 31.7 VA/m<sup>2</sup>, 사무자동화용은 15 VA/m<sup>2</sup>이 적용된 것으로 분석되었다.

7) 부하중별 변전용량을 산정하는 경우 건물의 규모, 용도, 설비특성을 고려하여 조명용은 20~25 VA/m<sup>2</sup>, 사무자동화용은 15 VA/m<sup>2</sup>, 동력용은 터보식 냉동기 채용시 50~60 VA/m<sup>2</sup>, 흡수식냉동기 채용시 20~30 VA/m<sup>2</sup>으로 설정하는 것이 가장 적합한 것으로 판단된다.

8) 사무소건물의 종합수요율은 5~10년의 최대전력 증가여유율 유 감안, 상가없는 건물에서는 50~60%, 상가있는 건물에서는 55~65%로 설정하는 것이 적합한 것으로 판단된다.

#### 참 고 문 헌

- 김세동, 사무소건물의 전기설비 용량산정에 관한 연구, 전기연구 91-FE-112, 1991.
- 지철근 외, 건물의 수요율 및 부동율 기준설정에 관한 연구, 조명전기설비학회지, Vol.1. No.1. 1990.
- 대한전기협회, 내선규정, 1991.
- 정용기, 1986, 건축전기설계의 현황과 문제점에 관한 대책, 전기
- 川瀬太郎, 인텔리전트빌딩 配線工事入門, 오음社, 1987.