

# 사무소용건물의 변전시설밀도 및 수용률 기준설정에 관한 연구

(A Study on the Design Standard of Substation Facility Density and Demand Factor in Office Buildings)

金世東\* · 鄭東孝\*\*  
(Se-Dong Kim · Dong-Hyo Joung)

## 요 약

본 연구는 10층 이상의 사무소용건물 121개소를 대상으로 건물특성(규모, 용도, 설비구성) 별 전기설비현황 및 전력사용 실태를 조사하여 합리적이고 통계적인 변전시설용량의 적정 설계를 위한 부하종별 변전시설밀도와 수용률을 설정하여 제시하였다. 설정된 기준안을 적용하면 설비투자비 감소, 전력손실감소, 전기요금절감 및 설비 이용률의 개선에 크게 기여할 수 있으며, 설정된 기준은 현행 관련 규정을 개정하기 위하여 활용되어야 할 것이다.

## Abstract

This paper shows a reasonable design standard of substation facility density and demand factor in 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. The recommended design standard must be applied by the revision of current regulations and laws.

## 1. 서 론

계속되는 경제성장과 생활수준의 향상으로 전

기에너지의 소비는 매년 급격히 증가되고 있다. 특히 사무소건물과 같은 전력다소비 건물에서는 전력의 효율적 이용에 의한 에너지절감은 물론

\*正會員 : 한국건설기술연구원 선임연구원

\*\*正會員 : 인천전문대학 전기공학과 부교수

接受日字 : 1992年 10月 23日

설계단계에서의 합리적인 전기설비설계가 요청되고 있다. 따라서, 변전시설용량을 적정하게 설계하기 위해서는 우리나라의 건물특성(용도, 규모, 설비특성)에 적합한 합리적이고 통계적인 수용률 및 변전시설밀도 적용기준이 요구되며, 보다 정확한 장래 전력수요예측이 요구된다.

본 연구에서는 10층 이상의 사무소건물 121개소를 대상으로 건물특성(규모, 용도, 설비특성)별 전기설비현황 및 전력사용실태를 조사하고, 1980년 이후 최대전력과 전력수요변화를 조사하여 이를 토대로 합리적이고 통계적인 변전시설용량의 적정설계를 위한 변전시설밀도 및 수용률기준을 설정하려 한다.

## 2. 변압기용량의 산정과 수용률 고찰

### 2.1 변압기용량의 산정방법

변압기는 전기설비를 구성하는 기기 가운데 가장 중요한 기기으로써 적정한 용량산정이 필요하다. 변압기용량은 부하 전체의 특성, 수용률, 부동률, 부하율 등을 가능한 정확히 파악하고 장래의 부하증가 정도, 운전조건 및 급전방식 등의 관련사항을 충분히 검토하여 적정한 용량이 산정되도록 설계해야 한다.

일반적으로 수변전설비의 변압기 용량은 다음과 같이 산정한다.

(1) 조명, 전열, 동력, 냉동기부하 등의 부하용량이 산정되면 부하종별 설비용량을 결정한다.

(2) 부하설비용량으로부터 적정 수용률을 곱하여 최대수용전력을 예측하고 역률, 전압변동률을 고려하고 아울러 장래의 수요 여유를 감안한 후, 각 부하종별 변압기의 용량(kVA)을 결정한다.

변압기용량 = 부하설비용량 × 수용률 / 부동률 (kVA)

### 2.2 수용률

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

필요한 지표이다.

$$\text{수용률} = \frac{\text{최대수용전력}}{\text{총부하설비용량}} \times 100(\%)$$

## 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 부터 협조를 받았으며, 본 조사에 협조해준 121개소의 건물을 대상으로 실태조사 및 현장조사를 실시하였다. 본 조사의 정확성과 신뢰성을 높이기 위해 조사원이 직접 방문하여 전기시설현황 및 전력사용 실태조사를 실시하였다.

### 3.2 변압기시설용량 변경현황

조사 건물 121개소중 준공당시보다 변압기 시설용량이 증가 또는 축소된 건물이 48개소로 나타났다. 이 중에서 변압기 용량을 축소한 건물이 26개소, 변압기용량을 증가한 건물이 22개소로 조사되었다.

그림 1은 건물준공 이후 변압기용량을 축소한 26개소 건물의 축소현황을 나타낸 것이며, 축소요인을 살펴보면 부하종별로 변압기를 분리축소한 곳이 3개소, 조명 또는 동력용 변압기를 축소한 곳이 2개소, 터보식냉동기를 흡수식냉동기로 전환하여 축소하였거나 또는 냉동기의 운전 방법

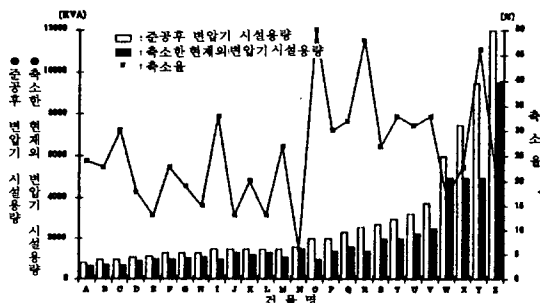


그림 1. 건물별 변압기 시설용량의 축소현황

Fig. 1. The decreased status of transformer capacity by buildings

표 1. 동·하절기의 최대수용전력 비교

Table 1. Comparison of peak loads in summer and winter season

건물연면적(m <sup>2</sup> ) 구분	개소	총변압기시설 용량(kVA)	하절기최대피크치 (kW)	동절기최대피크치 (kW)	동·하절기의 피크치비(%)
10,000이하	14	10,075	5,515	2,939	53.3
10,000~20,000	35	41,900	25,016	13,029	52.1
20,000~30,000	23	44,250	23,722	13,886	58.5
30,000~40,000	9	25,550	15,682	8,286	52.8
40,000~70,000	5	21,925	11,536	6,926	60.0
70,000이상	10	80,635	49,906	31,613	63.3
계	96	224,335	131,377	76,679	58.4

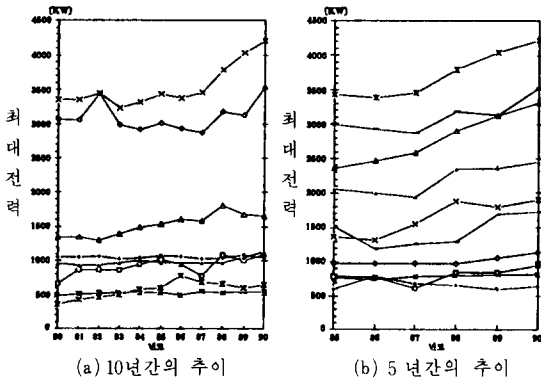


그림 2. 건물별 최대전력 성장추이

Fig. 2. A growth trend of peak loads by buildings

개선, 냉동기의 대수제어 적용 등으로 인하여 냉동기용 변압기를 축소한 곳이 5개소, 기타 전반적인 과다설계로 변압기를 축소한 곳이 16개소로 조사되었다. 따라서, 전기설비의 합리적인 설계를 위해서는 설계단계시의 부하종류별 정확한 부하계산과 합리적인 변압기 시설의 최적 구성이 요구된다.

### 3.3 동·하절기의 최대수용전력 비교

본 실태의 분석대상으로는 총 변압기시설용량과 동·하절기간의 월간최대수용전력의 3항목에 응답한 건물 96개소를 대상으로 1990년도 동·하절기간중의 월간 최대전력중 최고치를 기준으로 하여 분석하였다. 표 1에서 알 수 있는 바와 같이 대부분의 건물들이 여름철 냉방부하를 현저하게 많이 사용하고 있는 것으로 나타났다.

### 3.4 연간 최대수용전력의 성장추이 분석

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

### 3.5 부하종별 변전시설밀도 적용실태

본 실태 조사에서는 조사건물의 부하종별 부하설비용량에 대한 자료의 정확성이 부족하여 부하밀도를 분석하지 않고 변압기의뱅크별 용량을 기준으로 하여 변전시설밀도를 분석하였다. 조사된 121개소 사무소건물의 평균 종합 변전시설밀도는 87.8(VA/m<sup>2</sup>)로 분석되었으며, 표 2는 부하종별 변전시설밀도를 나타냈다.

### 3.6 수용률의 적용실태

본 연구의 수용률 분석은 조사건물의 변압기뱅크별 최대전력에 대한 자료가 없는 관계로 조명 및 동력 부하등의 부하종별 수용률을 분석하지 않고, 건물의 전체 시설부하에 대한 수용률 즉, 종합 수용률을 분석하였다.

표 3은 수용률 및 변압설비 과용량률의 실태 조사 결과를 나타낸 것이며, 조사건물의 평균 수용률이 48.7(%)로 분석되었고, 변압설비의 과용

표 2. 부하종별 변전시설밀도의 적용실태

Table 2. Present status of substation facility density for loads

구 분	부하종별 변전시설밀도(VA/m <sup>2</sup> )			
	조명용	사무자 동화용	동력용(일반동력 및 냉동기 포함)	냉동 기용
평 균 값	23.8	15.0	61.3	31.7
상가없는 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 부하종별 변압기용량을 기준  
2) 상가면적비 10[%]는 건물연면적에 대한 상가면적비를 의미함.  
3) 건물연면적을 기준

표 3. 수용률 및 변압설비 과용량률의 적용실태

Table 3. Present status of demand factor and excess capacity factor

구 분	수용률	적용실태[%]	변압설비 과용량 률 적용실태[%]
	수용률	변압기여유율	
평 균 값	48.7	51.3	168.7
상가없는 건물	46.2	53.8	181
상가있는 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: 1) 최대수용전력은 건물 준공 이후 최고치를 기준으로 함.  
2) 조사건물은 10층 이상의 사무소용 건물임.

표 4. 동력용 변전시설밀도의 기준

Table 4. The standard of substation facility density for power

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

량상태를 나타내는 변압설비 과용량률은 평균 168.7[%]를 나타내고 있어 수변전변압기용량의 적정화는 매우 시급한 과제라고 할 수 있다.

#### 4. 적정 변전용량 산정기준 설정

##### 4.1 부하종별 변전용량의 적정 산정기준

###### 4.1.1 조명용 변전용량

조명설비 설계는 건물의 용도, 방의 사용면적, 조명방식 등을 고려하여 계획되어야 하며, 가능한 한 조명설계의 합리화를 위해서는 조명설비 전력을 적정화하는 것이 바람직하다.

###### 1) 설정조건

###### (1) 규정상의 검토

내선규정에서 일반사무실의 표준 부하밀도는 30(VA/m<sup>2</sup>)이고 복도, 계산, 강당 등에는 별도로 부하밀도를 계상하도록 규정하고 있다. 그리고, 미국 NEC에서는 3.5(W/ft<sup>2</sup>)(=37.6W/m<sup>2</sup>)로 정하고 있으며 리셉터클 수량이 불분명한 경우에는 1(W/ft<sup>2</sup>)(=10.74W/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, 건물연면적 기준 20~25(VA/m<sup>2</sup>) 정도를 고려하는 것이 바람직하다. 다만 사무소용 건물에서 강당의 무대조명설비와 같은 특수 조명시설에 부하밀도를 상정하는 경우에는 예외로 한다.

##### 4.1.2 사무자동화용 변전용량

중·대형컴퓨터를 비롯하여 사무자동화 기기들은 그 부하종류가 다양하고 양질의 전원조건이 요구되므로 이들 특성과 사용조건을 충분히 고려하여 설계를 계획하고 변전용량을 산정한다.

###### 1) 설정요건

###### (1) 규정상의 검토

현재 사무자동화용 부하밀도에 대해서 국내외 관련 규격 또는 기준 등에서 규정되어 있는 데이터는 없는 실정이다.

#### (2) 적용실태 결과

실태 결과, 건물연면적을 기준으로 하였을 경우 평균 사무자동화용 변전시설밀도는 15[VA/m<sup>2</sup>]으로 분석되었다. 아울러, 컴퓨터와 같은 중요 부하에 전원을 공급하기 위하여 건물내에 무정전 전원장치(UPS) 또는 자동전압조정장치(AVR)를 시설하고 있는 건물이 조사건물 121개소중 71개소로 나타났으며, 71개소 평균 UPS/AVR 설치용량은 111.7/58.5[kW]로 두장치를 합하면 170[kW]정도 설치되었다. 특히 은행, 증권회사, 투자금융회사, 컴퓨터회사, 엔지니어링회사 등이 입주하고 있는 건물에서는 300[kW]가 넘는 UPS 또는 AVR장치를 시설하고 있었다.

#### (3) 관련 문헌상의 부하밀도

최근 관련문헌에서 사무실의 인텔리전트화 정도에 따라 OA기기의 부하밀도를 제시하고 있으며, OA기기용 부하밀도를 20~40[VA/m<sup>2</sup>]정도 예상한다고 제시하고 있다.

#### 2) OA용 변전용량의 적정기준

OA기기용 변전용량을 산정하는 경우에는 건물입주회사의 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

동력부하설비는 조명부하와는 달리 그 부하종류가 다양하고 용량, 대수, 효율, 역률, 운전방법 등 여러가지 특성과 사용조건에 따라 차이가 많기 때문에 이들 특성과 조건을 충분히 고려하여 동력설비 설계를 계획하고 변전용량을 산정한다.

#### 1) 설정조건

##### (1) 규정상의 검토

내선규정 제305-1에 의하면 전동기부하의 산정은 개개의 명판에 표시된 정격전류를 기준으로 하여 부하용량을 산정하도록 규정하고 있다. 엘

리베이터, 에어컨디셔너 또는 냉동기 등의 특수한 용도의 전동기부하의 산정에는 해당 전동기 명판에 표시된 정격전류외에 특성 및 사용방법을 기준으로 하여 산정하도록 규정하고 있다.

#### (2) 적용실태결과

##### (가) 동력용(냉동기 포함) 변전시설밀도

실태 결과, 건물연면적을 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.

## 4.2 수용률 기준

### 4.2.1 설정조건

#### 1) 부하의 특성

사무소건물의 경우 전부하용량에 대하여 냉방 부하가 차지하는 용량이 대단히 높고, 하절기의 최대전력과 동절기의 최대전력이 매우 큰 차이를 나타내고 있다(표 1참조). 또한 낮과 밤의 부하 변동이 아주 심하다는 것이 빌딩부하의 특성이 다.

#### 2) 수용률의 적용실태 결과

수용률 및 변압설비과용량률의 실태결과, 조사 건물의 평균 종합수용률이 48.7[%]로 분석되었고, 변압설비의 과용량상태를 나타내는 변압설비 과용량률은 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 감안 하더라도 변압기 여유율이 44.4[%], 34.2[%]나

표 5. 내선규정(205-10)의 수용률 기준

Table 5. Demand factor of indoor wiring regulations

건물의 종류	수용률(%)
주택, 기숙사, 호텔, 여관, 병원	10(kVA) 초과 50
사무소, 은행	10(kVA) 초과 70

표 6. 동력자원연구소(KE86-16)의 수용률 기준

Table 6. Demand factor established by KIER

부하설비용량	수용률 실태	수용률 기준안
1000(kW) 이하	56.6	65
1000(kW) 이상	48.2	55

표 7. 수용률 기준(안)

Table 7. The standard of demand factor

구 분	수 용 률 기 준		비 고
	최대전력증 가여유율 14% 고려시	최대전력증 가여유율 35% 고려시	
	• 상가 없 는 건물	50	
• 상가 있 는 건물	55	65	

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

되는 것으로 나타났다.

3) 관련 규정 및 연구기관의 기준

내선규정에서 규정하고 있는 수용률은 표 5와 같이 포괄적으로 정해져 있다. 그리고 1986년에 수행한 동력자원연구소의 보고서(KE86-16)에 의하면 부하설비용량별로 수용률 기준을 설정하였는데, 표 6과 같이 수용률 적용값이 가장 크게 변화하는 1000(kW)이하의 사무소용 건물과 1000(kW)이상의 사무소용 건물로 구분하였다.

4.2.2 수용률의 적정기준

이미 전술한 바와 같이 과용량 변압기가 설치된 근본원인은 최초설치시 수용률 및 여유율이 지나치게 높게 설정되었기 때문인 것으로 판단된다. 일반적으로 수용률에 가장 큰 영향을 주는 요소는 공조방식과 냉동기의 형식, 건물의 용도, 장래 부하증가, 안전을 고려한 여유율 등과 밀접

한 관계가 있으며, 동력설비의 경우에는 부하특성, 운전방법 등과 밀접한 관련이 있으므로 설계시 충분한 검토가 요구된다.

실태조사결과 및 관련 기준을 감안, 사무소건물의 설비특성을 고려한 종합수용률은 표 7과 같이 5~10년의 최대전력 증가여유율을 감안, 상가 없는 건물에서는 50~60(%), 상가있는 건물에서는 55~65(%)로 적용하는 것이 적합하다고 판단된다.

5. 결 론

본 연구에서는 우리나라의 건물 특성에 적합한 합리적이고 통계적인 전기설비용량 산정을 위한 기준 설정을 위하여 121개소의 사무소 건물을 중심으로 전기설비 현황 및 전력사용 실태조사결과와 국내의 적용기준을 중점적으로 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 종합 수용률 적용값(건물 준공 이후 최대전력을 기준)은 48.7(%)로 분석되었으며, 변압기 여유율이 51.3(%)나 높게 나타났다.

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

4) 동절기와 하절기중의 최대전력수요를 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 '85년도 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) 부하종별 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) 10층 이상의 사무소건물에 있어서 종합 수용률은 5~10년의 최대전력증가여유를 감안, 상가없는 건물에서는 50~60[%], 상가있는 건물에서는 55~65[%]로 설정하는 것이 적합한 것으로 판단된다.

#### 참 고 문 헌

- 1) 김세동, 사무소건물의 전기설비 용량산정에 관한 연구, 전기연 91-FE-112, 1991.

- 2) 지철근 외, 건물의 수용율 및 부동율 기준설정에 관한 연구, 조명전기설비학회지, Vol. 4, No. 1. 1990.
- 3) 대한전기협회, 내선규정, 1991.
- 4) 정용기, 1986, 건축전기설계의 현황과 문제점에 관한 대책, 전기기술
- 5) 이경식, 1989, 건축물 부하계산 방법의 적정화, 대한전기협회지, No. 5, pp. 39~47.
- 6) 한전기술연구원, 1988, 건물의 전기설비 설계기준을 위한 조사연구
- 7) 에너지관리공단, 1987, 대형건물 전력사용실태 조사 보고서
- 8) 건설부, 1987, 사무소건물의 에너지절약을 위한 설계 기준 연구
- 9) 한국동력자원연구소, 1986, 전력의 효율적 이용기술 연구(Ⅲ)
- 10) 川瀬太郎, 인텔리전트빌딩 配線工事入門, 오음社, 1987.
- 11) 齊藤丈彦, 빌딩용 전기설비의 설계와 운전, 전기서원
- 12) National Electrical Code, 1981.