

## 업무용 빌딩의 전력소비 특성을 고려한 수용률/부동률의 적용에 관한 연구

(Recommended Practice for Demand Factor/Diversity Factor with respect to Power Consumption Characteristics in Commercial Buildings)

김세동\*

(Se - Dong Kim)

### 요 약

계속되는 경제 성장과 고도 정보화 사회의 진전으로 전기에너지의 소비는 급격히 증가하고 있다. 특히 업무용 빌딩과 같은 전력다소비 건물에서는 전력의 효율적 이용에 의한 에너지절감은 물론 설계 단계에서의 합리적인 전기설비 설계가 요청되고 있다. 현재 우리나라의 기후 특성과 전력소비 특성을 고려한 합리적인 전기설비 설계를 위한 기초 자료가 매우 미흡한 실정이다. 본 연구는 업무용 빌딩의 전력소비특성을 조사하여 변전시설용량의 합리적 설계를 위한 수용률/부동률 적용 기준을 제시하고, 합리적 전기설비 설계를 유도하고자 한다.

### Abstract

This paper shows a reasonable design standard factor in commercial buildings, that was made by the systematic and statistical way considering actual conditions, such as investigated electric equipment capacity, electric power consumption, load characteristic, etc., for 23 commercial buildings. With a rapid growth of national economics with the development of intelligence society, electrical energy consumption markedly increased. Expecially, it is increased electrical energy consumption in the commercial buildings and thus an energy conservation through efficient use of electricity became more important. In our country, the estimation of demand factor and electric equipment capacity are not properly and thus the application of these factors are confusing and different in each electric design of the field.

Key Words : Demand factor, Diversity factor, Transformers, Electric power systems

### 1. 서 론

우리나라는 경제 성장과 정보화 사회의 진전으로

전기에너지의 소비는 매년 증가되고 있다. 특히 업무용 빌딩에 있어서도 빌딩 기능이 점차 고도화됨에 따라 전기 소비가 급격히 증가하고 있다. 업무용 빌딩과 같은 전력다소비 건물에서 전력의 효율적 이용에 의한 에너지 절감은 물론 전기에너지의 이용 합리화 촉진이 요구되고 있다. 따라서, 업무용 빌딩의 부하 특성에 적합한 합리적이고 통계적인 부하 종별 수용률,

\* 주저자 : 두원공과대학 교수  
Tel : 031-670-7167, Fax : 031-670-7161  
E-mail : kimse@doowon.ac.kr  
접수일자 : 2002년 8월19일  
1차심사 : 2002년 8월21일  
심사완료 : 2002년 9월27일

부동률, 부하율 적용 기준이 요구되며, 보다 정확한 장래 전력수요 예측이 필요하다. 그러나, 우리나라의 지역별 기후 특성과 용도별 계절별 부하 가동 특성을 고려한 통계적인 자료가 매우 부족하여 외국의 데이터를 이용하고 있는 실정이다[1][2].

본 연구에서는 업무용 빌딩의 전력 소비 특성을 조사 분석하여 변전설비용량의 합리적인 설계를 위한 수용률/부동률 기준(안)을 제시한다.

## 2. 변압기의 용량 산정과 수용률/부동률 고찰

### 2.1 변압기의 용량 산정

변압기는 1차 권선에 공급된 전력을 최소의 손실로 2차 권선에 전달하는 전기기기이다. 변압기의 정격 용량이란 정격 2차 전압, 정격 주파수 및 정격 역률에 있어서 지정된 온도상승 한도를 초과하지 않고, 2차 단자간에 얻어지는 피상전력[kVA]으로 표시한다. 변압기 용량의 적정 설계는 매우 중요하며, 신뢰성있는 변압기의 운전과 운용비의 절감을 도모할 수 있다.

그러나, 변압기 용량의 부하설비용량에 대하여 적정하지 못하면 다음과 같은 장애가 발생할 수 있다.

(1) 변압기 용량이 부하의 최대수요전력에 비해 너무 작으면 변압기를 과부하 운전하게 되고, 이것이 높아지면 수명 단축을 초래하는 결과가 된다. 또한, 부하손의 증가로 효율이 저하한다.

(2) 반면에 변압기 용량이 너무 크게 되면 설비 비용의 증가, 계약 전력의 증대, 무부하 손실의 증대 등 직접적으로 경제적 부담이 발생한다.

일반적으로 변압기용량을 산출하기 위해서 먼저 실시하는 작업이 부하조사이다. 부하의 분포 단위마다 부하종류, 전압, 용량 및 대수를 종합한 부하일람표를 작성하고, 이를 토대로 각 부하의 입력치를 계산하여 집계한 다음에 수용률을 곱해서 최대수요전력을 산출한다. 그리고 여기에 장래의 증가분을 감안하여 변압기용량을 산정한다. 그러나, 계획시점에서는 부하가 모두 결정되어 있지 않고 프로세스도 유동적이며 변경되는 수가 많으므로 이러한 부분은 각종 통계자료를 참고로 해서 추정 계산한다. 변압기 용량은 다음과 같이 산정한다.

(1) 조명, 전열, 일반동력, 냉동기부하, 특수 부하 등의 부하종별 설비용량을 결정한다. 그러나, 기본 설계 단계에서는 부하설비용량을 추정하기가 어려워 각종 국내외 통계자료를 활용한다.

(2) 부하설비용량으로부터 적정 수용률을 곱하여 최대수요전력을 예측하고, 역률, 전압변동률을 고려하고, 아울러 장래의 부하 증가율을 감안한 후, 각 부하종별 변압기의 용량[kVA]을 결정한다.

특히 주변압기 용량은 부하 전체의 특성, 수용률, 부동률, 부하율 등을 가능한 정확히 파악하고, 장래의 부하 증가율, 운전 조건 및 급전 방식 등의 관련 사항을 충분히 검토하여 적절한 용량이 산정되도록 설계하여야 한다[3-5].

### 2.2 수용률/부동률

#### 1) 수용률

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

건물의 전기설비는 일부만 가동되는 경우가 많으며, 최대 용량으로 가동된다고 하더라도 최대 부하시간은 시시각각으로 변화되며, 최대 부하는 총부하 설비용량에 비해 적은 것이 일반적이다. 이처럼 수용률은 전력수요 정도를 나타내기 위하여 사용되는 것으로서 건물의 용도, 부하의 종류, 운전 기간 등에 따라 다르게 나타난다. 수용률은 변압기뱅크별 또는 부하종류별로 표준값을 제시하여야 하나 앞에서 설명한 바와 같이 관련 자료 및 기준이 매우 미흡한 실정이다[5].

#### 2) 부동률

부동률이란 각 부하군의 최대수요전력의 합과 합성 최대수요전력과의 비를 의미하며, 수용가의 부하종류 및 변압기뱅크에 따라 부하 특성이 변동하므로 최대수요전력이 다르게 발생되므로 부동률은 반드시 1보다 큰 수가 된다. 변압기 용량 계산에서 수용률만 적용하면 변압기 용량이 과대하게 되므로 부동률을 적용하여 변압기 용량을 적정 용량으로 한다. 부동률

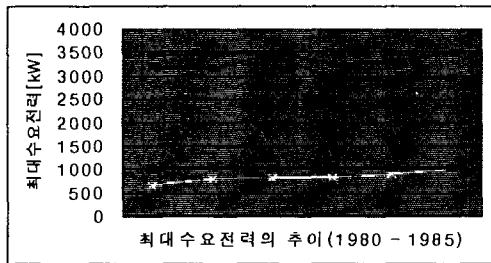
업무용 빌딩의 전력소비 특성을 고려한 수용률/부동률의 적용에 관한 연구

은 반드시 주변압기에만 적용하며, 직접 강압 방식의 경우에는 적용하지 않는다. 그러나, 현재 우리나라 특성을 고려한 업무용 빌딩에 적용되는 부동률 기준은 없는 실정이다.

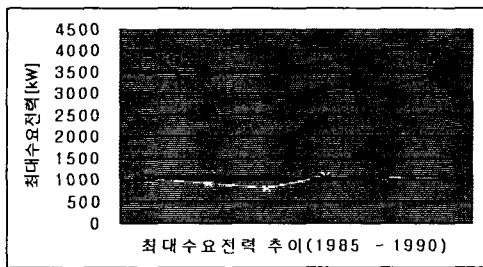
### 3. 실태 분석 및 결과 고찰

#### 3.1 최대수요전력의 성장 추이 분석

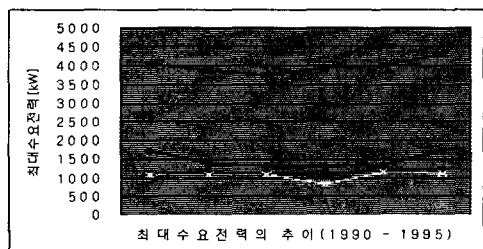
기본 설계 단계에서 변압기 용량 산정시 장래의 부하 증가에 대비해서 5~10년 정도 예견하여 설계에 반영하고 있는데, 이에 대한 자료가 현재까지 전무한 실정이다. 그림 1은 1980년 이후 5년 단위로 조사된 최대수요전력의 변화 추이를 분석한 것이며, 현장 조사를 통해 조사된 5개소의 빌딩에 대해 5년 단위로 분석한 것이다.



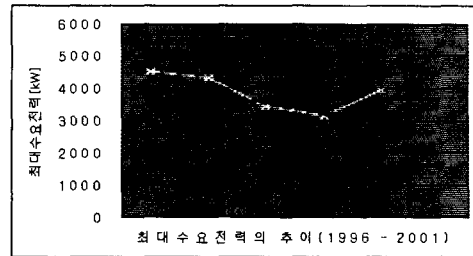
(a)



(b)



(c)



(d)

그림 1. 1980년 이후 빌딩별 최대수요전력의 추이  
Fig. 1. A growth trend of peak loads every building after 1980

그림 1의 조사 자료를 토대로 표 1은 1980년 이후 매 5년 단위로 최대수요전력의 증가율을 나타낸 것이며, 표 2는 매 10년 단위로 최대수요전력의 증가율을 나타낸 것이다. 1986년 이후 정보화 사회의 진전으로 사무자동화기기의 급속 증가가 이루어졌고, 아울러 냉방 부하가 크게 증가하면서 최대수요전력의 증가율도 크게 확대된 것으로 분석된다.

조사 결과, 표 1 및 표 2에서 보는 바와 같이 1986년 이후 매 5년 단위로 볼 때 25% 이상의 증가율을 보이고 있으며, 10년 단위로 볼 때 1991년 이후 최대수요전력이 크게 증가한 것으로 나타났다.

표 1. 1980년 이후 매 5년 기준 최대수요전력 증가율  
Table 1. A growth trend of peak loads with every five years after 1980

조사 빌딩	조사 기간	조사 빌딩의 5년 동안 최대 수요 전력증가량[kW]	최대수요전력 증가율[%]
5개소	'80~'85	1,450kW	15.9%
10개소	'86~'90	5,105kW	26.3%
6개소	'91~'95	2,115kW	24.6%
22개소	'96~'00	11,922kW	31.8%

표 2. 1980년 이후 매 10년 기준 최대수요전력 증가율  
Table 2. A growth trend of peak loads with every ten years after 1980

조사빌딩	조사기간	최대수요전력 증가율[%]
5개소	1980~1990	28.3%
6개소	1991~2000	48.9%

표 3은 1978년 이후 우리나라 최대전력 수요의 발생 현황과 전망을 나타낸 것이며[6][7], 2005년 이후 자료는 2002. 8. 14 확정된 제1차 전력수급기본계획에서 발췌한 데이터이다. 1987년 이후 최대전력 증가율이 감소하고 있는 추세를 보여 주고 있음을 알 수 있다. 그리고, 2015년 최대전력 수요는 6,775만[kW]로 전망하고, 이는 2001년의 4,313만[kW] 보다 57% 늘어난 것이며, 연평균 3.4% 증가한 수치이다.

표 3. 우리나라 전력수급 발생 현황 및 전망  
Table 3. The future prospect and status of demand and supply of electric-power

발생 일시	최대전력 수요	증가율
1978. 11. 22	504만kW	
1987. 6. 18	1,004만kW	99.2%
1992. 7. 23	2,011만kW	100.3%
1996. 7. 18	3,149만kW	56.6%
2000. 8. 18	4,107만kW	30.4%
2005.	5,186만kW	26.3%
2009.	5,893만kW	13.6%
2015	6,775만kW	

### 3.2 수용률/부동률의 실태 분석

그림 2는 업무용 빌딩 23개소에 대한 변압기 용량과 최대수요전력의 발생 현황을 나타낸 것이다. 23개소 전체 변압기 용량(104,500kVA)에 대해 전체 최대수요전력(49,424kW)과의 비를 보면 47.3%로 조사되었다. 이와 같은 결과로 보아서도 변압기가 과다 설계되어 있음을 알 수 있다.

그림 3은 조사 빌딩의 수용률/부동률의 적용 현황을 나타낸 것이다. 여기서, 조사 빌딩의 총부하설비용량을 알 수 없어 국내의 자료를 근거로 설계하고 있는 자료를 토대로 수용률(0.85)/부동률(1.2) = 0.71을 반영하여 총부하설비용량을 산정하고, 이 자료를 적용하여 수용률/부동률을 산정하였다. 23개소 전체 총부하설비용량과 최대수요전력의 비는 31.8%로 계산되었다. 조사된 최대수요전력은 수전단에 설치되어 있는 최대수요전력계(DM)로부터 조사된 값이며, 수용률/부동률이 함께 반영된 것이므로 수용률/부동률에 대하여 분석하였다.

그림 2에서 보는 바와 같이 10년 이상의 전력 수요

증가율을 고려하였음에도 불구하고 수용률/부동률이 60% 이상을 초과하는 수용가는 없는 것으로 분석되었고, 50% 이상을 유지하고 있는 빌딩은 4개소로 조사되었다. 대부분의 빌딩은 40% 이하를 유지하고 있는 것으로 나타났으며, 변압기 용량이 합리적으로 설계되어 있지 못함을 알 수 있다.

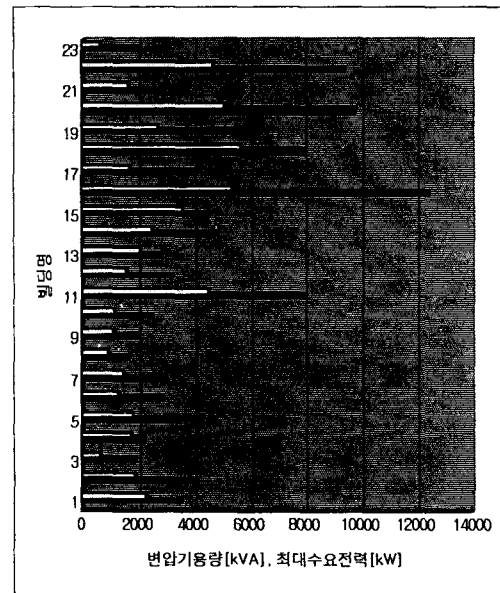


그림 2. 업무용 빌딩의 변압기용량과 최대수요전력 발생 현황

Fig. 2. Present status of peak loads and transformer capacity in commercial buildings

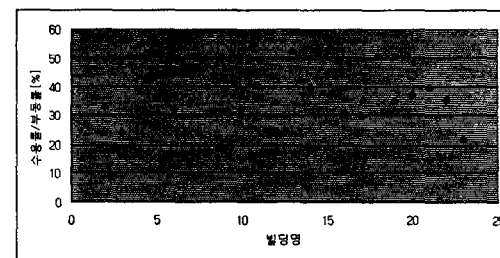


그림 3. 업무용 빌딩의 수용률/부동률 적용 현황

Fig. 3. Present status of demand factor/diversity factor in commercial buildings

### 3.3 관련 연구기관의 기준(안) 검토

- 1) 한국동력자원연구소의 연구 자료  
동력자원연구소의 보고서(KE86-16)에 의하면 표 4

업무용 빌딩의 전력소비 특성을 고려한 수용률/부동률의 적용에 관한 연구

와 같이 1000[kW] 이하의 사무소용 건물과 1000[kW] 이상의 사무소용 건물로 구분하여 수용률 기준을 설정하였다. 그러나, 수용률의 개념이 합성 수용률을 나타낸 것으로 설계 단계에서 적용하는데 문제점이 지적된다.

표 4. 동력자원연구소의 수용률 설정 기준(안)  
Table 4. The proper standard of demand factor by KIER

부하설비용량	수용률 실태	수용률 기준(안)
1000[kW] 이하	56.6%	65%
1000[kW] 초과	48.2%	55%

2) 한국건설기술연구원의 연구 자료

한국건설기술연구원의 보고서(전기연91-FE-112)에 의하면, 표 5와 같이 5~10년의 최대수요전력 증가율을 감안, 상가없는 건물과 상가있는 건물로 구분하여 수용률 기준(안)을 제시하였다. 그러나, 수용률의 개념이 합성 수용률을 나타낸 것이며, 주변압기를 설계하는 데에는 참고가 가능하지만 직접강압방식의 변압기는 설계 단계에서 적용하는데 문제점이 지적된다.

표 5. 한국건설기술연구원의 수용률 설정 기준(안)  
Table 5. The proper standard of demand factor by KICT

구 분	수용률 실태	수용률 기준(안)	
		최대전력 증가 여유율 14%(5년) 고려시	최대전력 증가 여유율 35% (10년) 고려시
전체 건물에 대한 평균	48.7%		
상가없는 건물	46.2%	50%	60%
상가있는 건물	50.2%	55%	65%
'79년 이전 건물	52.1%		
'80~'85년사이의 건물	49.6%		
'86년 이후의 건물	45.4%		

3.4 수용률/부동률 기준(안)

1) 수용률은 부하종별로 부하 특성을 고려하여 설

정되어야 하며, 현재 내선규정(205-8절)에서 전동 및 소형전기기계기구에 대해서 수용률 기준을 제시하고 있다(표 6)[8]. 그러나, 기타 동력부하 및 특수 부하(OA 부하, 전산부하 등)에 대한 수용률 기준은 제시된 자료가 없으므로 향후 이에 대한 연구가 절실히 요청된다.

표 6. 내선규정에서 정하고 있는 수용률 기준  
Table 6. Demand factor prescribing by indoor wiring regulation

건축물의 종류	수용률[%]
호텔, 병원, 주택, 기숙사, 여관, 창고	10kVA 초과 부하 50%
사무실, 은행, 학교	10kVA 초과 부하 70%

2) 변압기 용량 산정에 있어서 장래의 부하 증가에 대비하여 15~20년 이상 예견하여 설계에 반영하는 것이 바람직하다. 조사 결과 및 정보화 사회의 변화 추이를 볼 때 5~10년의 전력수요 증가율을 25% 이상 반영하는 것이 바람직한 것으로 분석된다.

3) 수용률 전체 부하설비용량을 기준으로 할 경우 현재 우리나라의 구체적인 자료가 미흡한 상태에서 조사 결과 및 우리나라 최대전력 수요 전망에 관한 자료를 토대로 검토한 결과, 수용률/부동률은 60%를 적용하는 것이 바람직하다고 판단된다. 특히 공조 방식과 냉동기 형식은 수용률에 가장 큰 영향을 미치게 되므로 에너지절약형 냉동기시스템을 채택한 경우에는 더욱 수용률/부동률을 낮게 하는 것이 요구된다.

4. 결 론

본 연구에서는 업무용 빌딩의 전력 소비 특성을 고려하여 합리적인 수용률/부동률 기준(안) 설정을 위하여 전력 사용 실태를 중점적으로 분석하였으며, 연구 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 변압기 용량 산정에 중요한 지표인 수용률/부동률의 적용 현황은 31.8%로 조사되었으며, 대부분의 수용가에서 변압기 용량이 과다 설계되었음을 알 수 있었다. 따라서, 우리나라의 기후 특성과 설비 가동 특성을 고려한 수용률/부동률의 기준이 필요하다.

2) 변압기 용량 산정에 중요한 기초 데이터인 최대 수요전력 증가율을 조사 분석한 결과, 1980~1990년 동안의 증가율은 28.3%, 1991~2000년 동안의 증가율은 48.9%로 분석되었다. 조사 결과 및 정보화 사회의 진전으로 볼 때 5~10년의 전력수요 증가율을 25% 이상 반영하는 것이 바람직하다.

3) 변압기뱅크별 최대수요전력을 조사할 수 있는 수변전시스템이 구축되어 있지 않아 보다 정확한 수용률과 부등률 기준을 제시할 수 없었으며, 변압기의 합리적 관리를 위해서 뱅크별 최대수요전력을 감시할 수 있는 기능을 구축하여야 한다.

4) 수용가 전체 부하설비용량을 기준으로 할 경우 현재 우리나라의 구체적인 자료가 미흡한 상태에서 수용률/부등률은 60%를 적용하는 것이 바람직하다고 판단된다. 특히 공조 방식과 냉동기 형식은 수용률에 가장 큰 영향을 미치게 되므로 에너지절약형 냉동기시스템을 채택한 경우에는 더욱 수용률/부등률을 낮게 하는 것이 요구된다.

5) 업무용 빌딩에 적용되는 변압기는 경부하가 걸리는 시간이 많으므로 손실 발생이 많다. 따라서, 변압기 운전 효율을 향상시키기 위해서는 부하 구성 특성과 전력소비 특성(평균 부하율 등)을 정확히 검토하고, 최고 효율이 되도록 용량 설계를 하여야 한다. 현재 업무용 빌딩의 부하 구성 특성과 전력소비 특성에 관한 구체적이고 체계적인 통계 자료가 전무한 실정으로 산학연이 공동 연구할 수 있는 지원 체제가 필요하다.

## References

- (1) Robert D. Briskman, IEEE Recommended Practice for Electric Power Systems in Commercial Buildings, Std 241-1974.
- (2) National Electrical Code, NFPA, 1981.
- (3) 지철근 외, 건물의 수요율 및 부등률 기준 설정에 관한 연구, 조명전기설비학회지, Vol. 4, No. 1. 1990.
- (4) 김세동, 사무소건물의 전기설비 용량 산정에 관한 연구, 전기연, 91-FE-112, 1991.
- (5) 김세동, 지하상가시설의 부하특성과 수용률 기준 설정에 관한 연구, 조명전기설비학회지, Vol. 10, No. 4. 1996
- (6) 대한전기협회, 전기연감, pp.80~85, 2002.
- (7) 제1차 전력수급기본계획(2002~2015년), 2002. 8. 14.
- (8) 대한전기협회, 내선규정전문위원회, 최신개정판, 내선규정, pp.198~199, 2001.

## ◇ 저자소개 ◇

### 김 세 동 (金世東)

1956년 3월 3일생, 1980년 한양대학교 전기공학과 졸업, 1986년 동대학원 졸업, 2000년 서울시립대 전기전자공학부 대학원 졸업(박사), 한국전력공사(1979~1984) 근무, 한국건설기술연구원(1984~1997.2) 수석연구원 역임, 현재 두원공과대학 전기공학과 교수, 건축전기설비기술사, 당학회 편수위원, 관심분야 : 전력설비 진단 및 DSP, 최적 설계.