

사무소용빌딩의 전력소비특성을 고려한 특징파라미터 및 회귀분석을 통한 수용률과 변압기최대이용률 비교 분석

(Recommended Practice for Demand Factor and Maximum Utilization Factor by Feature Parameters and Regression Analysis depending on Power Consumption Characteristics in Office Buildings)

김세동*

(Se-Dong Kim*, Doowon Technical College)

Abstract

It is increased electrical energy consumption with the development of intelligence society in office buildings and thus an energy conservation through efficient use of electricity became more important. This paper shows a reasonable design demand factor in office buildings, that was made by the systematic and statistical way considering actual conditions, such as investigated electric equipment capacity, peak power consumption, demand factor, etc., for 132 office buildings. In this dissertation, it is necessary to analyze the key features and general trend from the investigated data. It made an analysis of the feature parameters, such as average, standard deviation, median, maximum, minimum and thus it was carried linear and nonlinear regression analysis.

1. 서론

업무용 빌딩에 있어서 빌딩 기능이 점차 고도 정보화됨에 따라 전기 소비가 급격히 증가하고 있다. 이와 같은 전력다소비 건물에서 전력의 효율적 이용에 의한 에너지 절감은 물론 전기에너지의 이용 합리화 촉진이 요구되고 있다.

따라서, 빌딩의 부하 특성에 적합한 합리적이고 통계적인 부하 종별 수용률 적용 기준이 요구되며, 수용률 적용값에 따라 변압기 용량 산정에 중요한 요인이 된다. 아울러 전력회사와의 계약전력 및 송배전설비·발전설비의 용량 결정에까지 영향을 미치는 매우 중요한 요인이다. 그러나, 부하종류별 부하 가동 특성을 고려한 우리나라의 통계적인 자료가 매우 부족하여 외국의 데이터를 이용하고 있는 실정이다.[1][2]

대한전기협회에서 제정한 '내선규정'에서 전동 및 소형전기기계기구에 대해서 건축물의 종류에 따라 수용률을 제시하고 있다[3]. 한국동력자원연구소의 연구보고서(KE86-16)에 의하면 부하설비용량 기준 1000kW 이하와 이상의 건물로 구분하여 수용률 기준을 제시하였으나 합성 수용률 개념

을 나타낸 것으로 설계 단계에서 부하종별로 적용할 수 없는 문제점이 지적된다[4]. 그리고, 한국건설기술연구원의 연구보고서(전기연91-FE-112)에 의하면 상가없는 건물과 상가있는 건물로 구분하여 수용률 기준을 제시하였으나 주변압기를 설계하는데 참고가 가능하지만 직접강하방식의 부하종별 변압기 용량을 산정하는데 적용할 수 없는 문제점이 지적된다[5].

본 연구에서는 사무소용 빌딩을 중심으로 전력소비특성을 조사 분석하였다. 먼저 설문조사에 의한 수용률/부동률에 대한 실태를 분석하였고, 또한, AMR 자료를 이용하여 변압기최대이용률을 분석하였다.

조사된 자료의 전체 특징과 중심적인 경향을 알아 보기 위해서 평균값, 표준편차, 최대값, 최소값, 중앙값 등의 특징파라미터를 분석하였고, 회귀분석을 통한 선형적인 방법과 비선형적인 방법으로 그 경향을 추정하여 곡선으로 나타내었다. 이를 토대로 변전설비용량의 합리적인 설계를 위한 통계적인 자료를 제시하였다.

2. 수용 특성 고찰

2.1 수용률

수용률은 건물 내에 시설된 전 부하설비용량에 하여 실제로 사용되고 있는 부하의 최대수요전력의 비율을 나타내는 계수로서, 처음 전기설비를 설계할 때에 변전설비용량 및 간선 굵기 등을 결정하는데 필요한 지표이다.

건물의 전기설비는 일부만 가동되는 경우가 많으며, 최대 용량으로 가동된다고 하더라도 최대 부하시간은 시시각각으로 변화되며, 최대 부하는 총 부하설비용량에 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 부하 종류별로 표준값을 제시하여야 하나 앞에서 설명한 바와 같이 관련 자료 및 기준이 매우 미흡한 실정이다.

2.2 부동률

부동률(Diversity Factor)이란 각 부하군의 최대 수요전력의 합과 합성 최대수요전력과의 비를 나타내며, 수용가의 부하 설비구성 특성과 소비 특성, 변압기 뱅크별로 부하사용 특성이 변동하고 최대수요전력이 다르게 발생되므로 부동률은 반드시 1보다 큰 수가 된다.

2.3 변압기최대이용률

변압기최대이용률이란 고객이 보유하고 있는 변압기 시설용량(다시말해서, 계약전력에 해당됨)에 대한 최대수요전력과의 비를 말하며, 변압기 최대이용률이 낮다는 것은 최대 부하가 변압기 용량에 크게 못 미치는 것으로 변전설비 이용 면에서 매우 비효율적이며, 전력용 변압기의 과다 설계가 지적된다.

3. 내선규정 및 선행 연구 결과 검토

3.1 내선규정에서 정하고 있는 수용률 기준

대한전기협회에서 제정한 내선규정에서 전등 및 소형전기기계기구에 대해서 수용률 기준을 표 1과 같이 제시하고 있다[3].

그러나, 동력부하 및 특수 부하(OA 부하, 전산 부하 등)에 대한 수용률 기준은 제시된 자료가 없다.

표 1. 내선규정에서 정하고 있는 수용률 기준

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

3.2 한국동력자원연구소의 연구보고서

동력자원연구소의 보고서(KE86-16)에 의하면 표 2와 같이 1000kW 이하의 사무소용 건물과 1000kW 이상의 사무소용 건물로 구분하여 수용률 기준을 설정하였다. 그러나, 수용률의 개념이 합성 수용률을 나타낸 것으로 설계 단계시 부하종별 수용률을 적용하는데 문제점이 지적된다.

표 2. 동력자원연구소의 수용률 설정 기준(안)

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

3.3 한국건설기술연구원의 연구보고서

한국건설기술연구원의 보고서(전기연91-FE-112)에 의하면, 표 3과 같이 5~10년의 최대수요전력 증가율을 감안, 상가없는 건물과 상가있는 건물로 구분하여 수용률 기준(안)을 제시하였다. 그러나, 수용률의 개념이 합성 수용률을 나타낸 것이며, 주 변압기를 설계하는 데에는 참고가 가능하지만 직접강하방식의 변압기는 설계 단계에서 적용할 수 없는 문제점이 지적된다.

표 3. 한국건설기술연구원의 수용률 설정 기준

구분	수용률 실태	수용률 기준(안)	
		최대수요전력 증가 여유율 14%(5년) 고려시	최대수요전력 증가 여유율 35%(10년) 고려시
전체 건물에 대한 평균	48.7%		
상가 없는 건물	46.2%	50%	60%
상가 있는 건물	50.2%	55%	65%
1979년 이전 건물	52.1%		
1980~1985년사이의 건물	49.6%		
1986년 이후의 건물	45.4%		

4. 수용률의 특징파라미터 및 회귀분석 이론을 이용한 분석

사무소용 건물을 대상으로 전체 부하설비용량과 최대수요전력을 조사하였다. 조사된 최대수요전력은 수전단에 설치되어 있는 최대수요전력계(DM)로부터 조사된 값이며, 수용률/부등률이 함께 반영된 것이므로 수용률/부등률에 대하여 분석하였다.

조사된 전체 자료의 특징과 중심적인 경향을 알아내기 위해서 평균값, 중앙값, 표준 편차, 회귀 모형식 등의 확률 통계적 파라미터들을 수용률 기준 설정을 위한 특징 파라미터로 선택하였다.

표 4는 조사 건물의 합성 수용률/부등률의 적용 현황을 통계 분석한 자료이며, 전체 분포되어 있는 수용률/부등률값은 22.5 ~ 91.9[%]이고, 평균값은 46.06[%], 표준 편차는 15.39[%]로 분석되었다.[1]

표 4. 수용률/부등률의 적용실태 분석

항 목	최대값	최소값	평균값	표준편차	중앙값	데이터 건수
총부하설비용량[kVA]	28618	130	3287	4839	1500	56
수용률[%]	91.9	22.5	46	15.4	43	

그림 1은 조사 수용가의 수용률에 대한 산포도와 회귀 모형 그래프를 나타낸 것이며 그림에서 보는 바와 같이 조사된 총부하설비용량과 합성 수용률/부등률과의 상관관계는 낮은 것으로 분석되었고, 최소제곱 평균오차는 1차 선형 회귀모형식에서는 14.66[%], 2차 비선형 회귀 모형식에서는 14.5[%] 정도 발생한 것으로 분석되었다. 조사 결과 분석으로는 수용가에 시설된 전력용 변압기에 여유가 많은 것으로 판단된다.

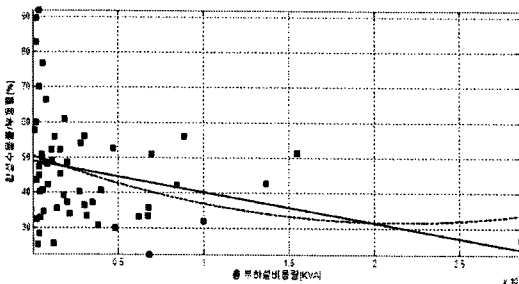


그림 1. 사무실용 고객의 산포도와 회귀 모형 그래프

5. 변압기최대이용률의 특징파라미터 및 회귀분석이론을 이용한 분석

5.1 조사 수용가 전체 분석

사무소용 건물을 대상으로 계약전력과 최대수요전력을 조사하였다. 조사된 자료는 AMR 자료를 이용하였으며, 변압기최대이용률에 대하여 분석하였다.

표 5는 사무실용 건물 132개소만을 대상으로 적용 현황을 통계 분석한 자료이며, 전체 분포되어 있는 변압기최대이용률의 값은 12 ~ 100[%]이고, 평균값은 54[%], 표준 편차 20[%]로 분석되었다.

그리고, 그림 2는 조사 수용가의 변압기 최대이용률에 대한 산포도와 회귀 모형 그래프를 나타낸 것이며,

표 5. 변압기최대이용률의 적용실태 분석

항 목	최대값	최소값	평균값	표준편차	중앙값	데이터 건수
계약전력[kW]	3000	100	513	583	300	132
변압기최대이용률[%]	100	12	54	20	52	

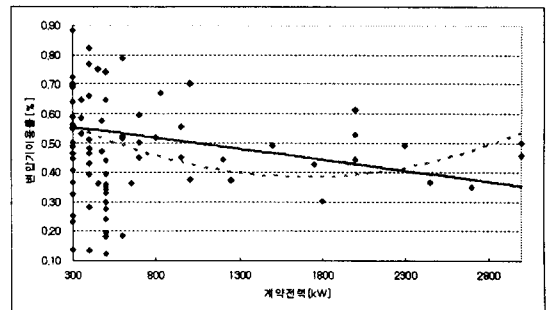


그림 2. 사무실용 고객의 산포도와 회귀 모형 그래프

5.2 변압기최대이용률이 60% 이상이고, 계약전력 범위가 500kW 이하인 고객의 분석

표 5는 변압기 최대이용률이 60% 이상이고, 계약전력이 500[kW] 이하인 사무실용 고객 44개소만을 대상으로 분석한 것이며, 변압기 최대이용률의 평균값이 76%, 표준편차가 11%로 분석되었다.

전체 분포되어 있는 변압기최대이용률의 값은 60 ~ 100[%]이고, 평균값은 76[%], 표준 편차 11[%]로 분석되었다.

그리고, 그림 3은 조사 고객의 변압기 최대이용률에 대한 산포도와 회귀 모형 그래프를 나타낸 것이며, 회귀 모형 그래프에 의하면 계약전력이 낮을수록 변압기 최대이용률이 80%까지 높게 나타났고, 계약전력이 클수록 변압기 최대이용률이 70%까지 낮아지는 경향을 확인할 수 있었다. 그러나, 계약전력과 변압기 최대이용률과의 상관 관계는 낮은 것으로 나타났다.

표 5. 변압기 최대이용률이 60% 이상이고, 계약전력 범위가 500kW 이하인 고객의 적용실태 분석

항 목	최대값	최소값	평균값	표준편차	중앙값	데이터 건수
계약전력[kW]	500	100	229.8	104.4	200	44
변압기 최대이용률[%]	100	60	76	11	73	

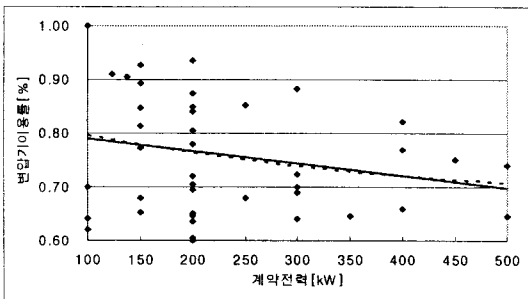


그림 3. 변압기 최대이용률이 60% 이상인 사무실용 고객의 산포도와 회귀 모형 그래프

6. 결 론

본 연구에서는 사무소용 빌딩의 전력소비 특성을 고려하여 특징파라미터를 분석하였고, 회귀분석을 통하여 경향을 확인하였다. 주요 연구 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 실태조사 결과, 합성 수용률/부동률 평균값은 46.4[%]로 분석되었으며, 대부분의 수용가에서 변압기 용량의 여유가 많이 운전되는 것을 알 수 있었다. 따라서, 우리나라의 설비 가동 특성을 고려한 수용률/부동률의 기준이 필요함을 확인할 수 있었다.

2) AMR 자료에 의해 분석한 132개소 수용가의 적용 현황을 통계 분석 결과, 전체 분포되어 있는 변압기 최대이용률의 값은 12 ~ 100[%]이고, 평균값은 54[%], 표준 편차 20[%]로 분석되었다.

3) AMR 자료에 의해 분석한 변압기 최대이용률이 60% 이상이고, 계약전력이 500[kW] 이하인 사무실용 고객 44개소만을 대상으로 분석한 결과, 변압기 최대이용률의 평균값이 76%, 표준편차가 11%로 분석되었다.

따라서, 수용가의 전력용 변압기의 용량 산정시 고려하는 수용률의 값은 그림 2에 의해서 사용설비의 설비용량에 따라 통계적인 자료를 이용하여 적합하게 반영하여야 한다. 최근에는 개인용 컴퓨터, 소형 및 대형 실험장치, 무정전전원장치 등과 같은 고조파 발생원 부하가 상당히 보급되면서 고조파발생기기로 인한 변압기 출력 감소 및 장치 부하 증가 등을 고려하여 설계에 반영하는 것이 필요하다.

앞으로 수용가의 용도에 따라서 전력소비특성을 고려한 통계적인 자료의 정립이 지속적으로 요구된다.

References

- [1] 김세동, 업무용빌딩의 전력소비특성을 고려한 수용률/부동률의 적용에 관한 연구, Vol.16, No.6, pp.74-79, 2002
- [2] 지철근 외, 건축전기설비설계기준, 건설교통부, 2000
- [3] 대한전기협회, 내선규정전문위원회, 최신개정판, 내선규정, 2006
- [4] 박상동 외, 전기설비의 에너지절약 연구, 한국동력자원연구소, KE86-16, 1986
- [5] 김세동 외, 사무소건물의 전기설비 용량 산정에 관한 연구, 건기연, 91-FE-112, 1991