

부등률 적용 개선을 통한 변압기의 적정용량 산정에 관한 연구

(A Study on the Assessment of a Reasonable Transformer Capacity by the Improvement of Diversity Factor)

서승관* · 오용택 · 김세동 · 신화영 · 유상봉 · 이 진

(Seung-Kwan Seo · Yong-Taek Oh · Se-Dong Kim · Wha-Young Shin · Sang-Bong Yoo · Jin Lee)

요 약

전력용변압기 용량을 산정하는데 있어서 수용률 및 부등률, 단위세대의 표준 부하용량은 매우 중요한 기준이다. 본 연구에서는 60[m²] 이하의 임대아파트를 대상으로 각 수용가의 계약전력과 최근 5년 동안의 최대전력을 조사하였다. 조사된 자료의 전체 특징과 중심적인 경향을 알아 보기 위해서 평균값 등의 특징 파라미터를 분석하였고, 회귀분석을 통하여 그 경향을 분석하였다. 모든 단지가 전력용변압기의 여유가 많은 것을 확인하였고, 적정용량 산정을 위한 부등률 기준을 제안하였다.

Abstract

This paper shows a reasonable diversity factor, that was made by the systematic and statistical way considering actual conditions, such as investigated contract power and peak power for the last 5 years of each customer for 20 Lease Apartment. In this paper, 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 out by the linear and nonlinear regression analysis. The standards of demand, diversity, and load density are necessary to create the design of a transformer capacity that is seldom presented in terms for academic study.

Key Words : Maximum Utilization Factor Of Transformer, Lease Apartment, Transformer Capacity, Diversity Factor

* 주저자 : 한국토지주택공사 경기지역본부
Tel : 031-250-8129, Fax : 031-248-3784
E-mail : ssk92@lh.or.kr
접수일자 : 2010년 2월 1일
1차심사 : 2010년 2월 3일
심사완료 : 2010년 2월 25일

1. 서 론

주택 전기설비는 홈네트워킹설비, 유비쿼터스 환경과의 연계성 등으로 신뢰성 안전성이 요구될 뿐

만 아니라 가전제품의 고품질화로 소비전력이 증가하고 있는 경향이다. 따라서, 임대아파트의 전력용 변압기 용량을 산정하는데 있어서 수용률 및 부동률, 단위세대의 표준 부하용량은 매우 중요한 기준이다.

60[m²] 이하의 임대아파트의 경우 단위세대당 3[kW]를 반영하고 있다[1-2]. 그리고, 종합 수용률은 내선규정에 준하여 100 세대의 경우 40[%][2], 부동률 1.25를 반영하여 전력용변압기의 용량을 산정하고 있다[3]. 그러나 임대아파트 단지의 전력용변압기 용량에 여유가 많은 것으로 지적되고 있다.

본 연구에서는 60[m²] 이하의 임대아파트를 대상으로 각 수용가의 계약전력과 최근 5년 동안의 최대전력을 조사하였다.

조사된 자료의 전체 특징과 중심적인 경향을 알아보기 위해서 평균값, 표준편차, 최대값, 최소값, 중앙값 등의 특징파라미터를 분석하였고, 회귀분석을 통한 선형적인 방법과 비선형적인 방법으로 그 경향을 분석하였다[4]. 또한, 적정용량 산정을 위한 부동률을 조정하여 적정 기준을 제안하고자 한다.

2. 변압기 산정 관련 계수의 고찰

2.1 주택의 부하용량

주택 건설기준 등에 관한 규정 제40조(전기시설) 제1항에 의하면, ‘주택에 설치하는 전기시설의 용량은 각 세대별로 3[kW](세대당 전용면적이 60[m²] 이상인 경우에는 3[kW]에 60[m²]를 초과하는 10[m²]마다 0.5[kW]를 더한 값) 이상이어야 한다.’로 정하고 있다[2].

2.2 수용률

수용률은 수용가 내에 시설된 전 부하설비용량에 대하여 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 총부하설비용량에 비해 적은 것이 일반적이다. 이처럼 수용률은 건축물에서 부하의 종별 최대수요전력의 크기를 나타내기 위하여 사용되는 것으로서 내선규정 등에서 기준을 정하고 있다[3].

2.3 부동률

부동률이란 수용가의 사용 부하에 따라 부하특성이 변동하므로 최대수요전력이 다르다. 또한 수용률만을 적용하면 변압기 용량이 과대하게 되므로 부동률을 적용하여 변압기 용량을 적정용량으로 하는 것이다. 따라서 부동률은 반드시 1보다 큰 수가 된다. 현재 우리나라의 실정을 고려한 부동률에 대한 기준은 없다.

2.4 변압기최대이용률

변압기최대이용률이란 고객이 보유하고 있는 변압기 시설용량에 대한 최대수요전력과 비를 말하며, 변압기최대이용률이 낮다는 것은 최대 부하가 변압기 용량에 크게 못 미치는 것으로 변전설비 이용 면에서 매우 비효율적이며, 설치한 전력용 변압기의 과다 용량이 지적된다[4-5].

본 연구에서는 수용률/부동률에 대한 실태를 분석하고자 하였으나, 고객이 보유하고 있는 총부하설비용량의 추정에 대한 신뢰도가 매우 낮아 수용률/부동률에 대한 실태를 분석할 수 없었다. 반면에 변압기최대이용률은 고객의 전력소비특성에 대한 정보를 정확하게 취득할 수 있고, 총부하설비용량과 계약전력과는 매우 깊은 관계를 가지고 있고 비례적인 특성을 가지고 있기 때문이다. 따라서, 변압기최대이용률의 파라미터는 적정한 전력용변압기 용량 산정에 매우 중요한 변수이다.

3. 회귀분석이론을 이용한 전력소비특성 분석

3.1 전체 조사고객의 변압기최대이용률 특성 분석

전용면적 60[m²] 이하인 20개소의 국민임대아파트를 대상으로 전체 조사단지의 변압기용량(계약전력)과 최대수요전력(2008년도 기준)을 조사하였다. 조사된 최대수요전력은 아파트 전기실 수배전반에 설치된 최대수요전력계(DM)의 검침량을 아파트 관리소 전기안전담당자가 한전으로 통보한 자료를 통해서 조사·분석하였다.

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

표 1은 조사고객의 '08년 월별 최대수요전력의 조사 자료를 토대로 변압기최대이용률을 통계 분석한 자료이며, 최대값의 대부분이 부하가 급증하는 8, 9월에 집중되는 것으로 분석되었다. 원인으로는 하절기 냉방 부하의 증가로 발생한 것으로 판단된다.

그림 1은 조사고객에 대한 변압기최대이용률의 산점도와 회귀모형을 나타낸 것이며, 4개 단지만이 변압기최대이용률이 50[%]를 약간 넘고, 나머지 단지들은 50[%]를 넘지 못하는 것으로 분석되었다.

준공후 4~7년 이상이 지난 임대아파트에 설치된 변압기 용량의 여유가 매우 높은 것으로 판단되며, 전력

용 변압기의 손실 발생 등을 고려할 경우 전력용 변압기의 설계에 필요한 여러 가지 계수를 종합적으로 검토할 필요가 있다고 사료된다.

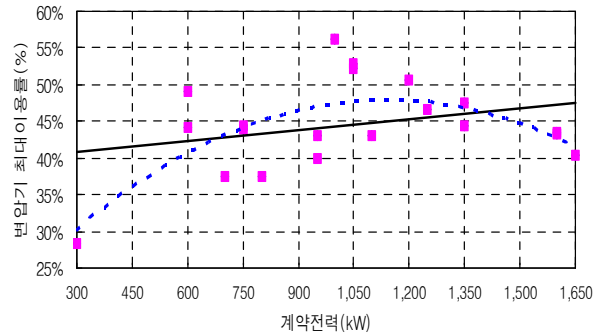


그림 1. 변압기최대이용률 산점도와 회귀모형
Fig. 1. Scatter plot of maximum utilization factor of transformer and linear regression model

3.2 준공이후 5년간 최대수요전력을 토대로 분석한 변압기최대이용률 증가 특성 분석

표 2는 조사 단지 중 운전기간이 5년된 8개 단지의 계약전력과 최대수요전력의 매년 증가현황을 토대로 변압기최대이용률의 증가율 관계를 분석한 자료이며, 전체 분포되어 있는 단지별 변압기 최대이용률 증가율은 10.5~31.5[%]이고, 평균값은 21.5[%]로 분석되었다. 그리고, 그림 2는 준공이후 5년간 운전고객의 변압기최대이용률 증가율의 산점도와 회귀모형을 나타낸 것이다.

표 1. 조사고객의 변압기최대이용률 적용실태 분석
Table 1. The present states of a maximum utilization factor of transformer in investigation customers

항 목	최대값	최소값	평균값	표준편차	중앙값	데이터 건수
계약전력 [kW]	1,650	300	1,030	366.85	1,025	20
변압기최대 이용률[%]	56.3	28.3	45.3	0.0627	44.1	

표 2. 조사고객의 5년간 변압기최대이용률 증가 현황 분석
Table 2. The rate of increase of a maximum utilization factor of transformer for 5 years in investigation customers

항 목	최대값	최소값	평균값	표준편차	중앙값	데이터 건수
계약전력[kW]	1,650	750	1,163	351.3	1,100	8
변압기최대 이용률[%]	31.5	10.5	21.5	0.064	20.6	

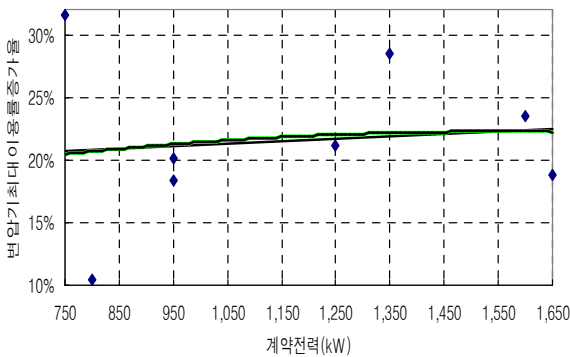


그림 2. 조사고객의 5년간 변압기최대이용률의 증가율 산점도와 회귀모형

Fig. 2. Scatter plot of the rate of increase of a maximum utilization factor of transformer and linear regression model for 5 years in investigation customers

3.3 변압기최대이용률의 설계값 분석

조사 전체 단지의 전등 및 전열용 변압기용량 산정에 있어 설계 단계시에 적용된 수용률과 부등률의 값은 각각 0.4와 1.25이며, 단위세대 부하용량 산정의 경우 세대 당 3[kVA]를 설계에 적용하였다. 이를 토대로 설계단계에서 적용된 최대수요전력 값을 분석하였고, 아울러 변압기최대이용률을 분석하였다.

표 3은 설계단계시 반영된 단지별 변압기최대이용률의 분포를 나타낸 것이며, 평균값은 96.71[%]로 분석되었다. 그림 3은 조사 단지의 변압기최대이용률 설계값의 산점도와 회귀모형을 나타낸 것이다.

표 3. 변압기최대이용률의 설계값 분석
Table 3. The value of design of a maximum utilization factor

항 목	최대값	최소값	평균값	표준편차	중앙값	데이터 건수
계약전력[kW]	1,650	750	1,163	351.3	1,100	20
변압기최대 이용률[%]	99.83	90.53	96.71	0.028	97.88	

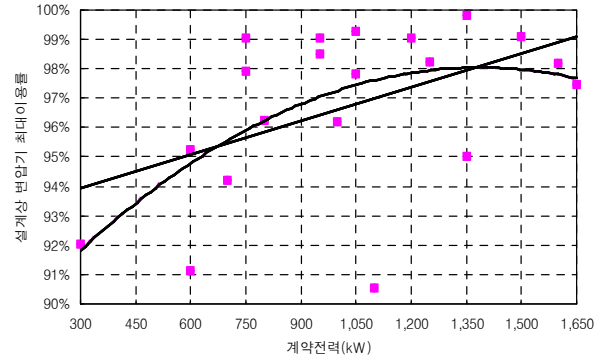


그림 3. 변압기최대이용률의 설계값 산점도와 회귀모형

Fig. 3. Scatter plot of the value of design of a maximum utilization factor and linear regression model

3.4 변압기최대이용률의 설계값과 운영값의 비교 분석

그림 4는 조사고객의 2008년도 기준 변압기최대이용률의 설계값과 운영값을 비교하여 나타낸 것이며, '08년 변압기최대이용률의 평균값은 45.3[%]에 비교하면 설계값은 약 2배가 초과하는 최대수요전력을 설계 단계시에 반영된 것으로 분석되었다. 일부 단지의 경우에는 최대수요전력의 운영값이 설계값의 1/3 정도로 전력용 변압기의 여유가 매우 높게 운영되고 있었다.

따라서 설계 단계시에 적용된 전력용 변압기 산정에 필요한 수용률/부등률 및 단위세대당 부하용량 등에 대하여 종합적인 검토가 필요한 것으로 사료된다.

4. 부등률 기준 조정에 따른 합리적인 변압기용량 산정(안)

조사전체 단지의 전등/전열용 변압기용량 산정에 있어 설계 단계시에 적용된 수용률과 부등률 값은 각각 0.4와 1.25이다. 이 중 수용률은 내선규정에서 정하고 있는 기준값을 적용하였지만, 부등률의 경우 국민임대아파트와 같은 공동주택에 대한 명확한 기준은 없는 실정이다.

따라서 전력용변압기의 합리적인 적정용량 설계를 위해서는 설계시에 적용하는 부등률값 1.25를 조정할

필요가 있다. 그림 5는 설계단계시 적용한 부동률 1.25를 기준으로 하여 변압기최대이용률을 나타낸 것이며, 부동률을 1.5, 1.75, 2.0으로 조정하였을 때의 변압기최대이용률을 비교하여 분석하였다.

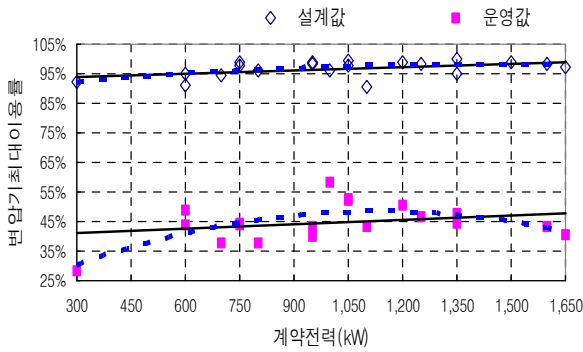


그림 4. 변압기최대이용률의 설계값과 운영값의 산점도와 회귀모형

Fig. 4. Scatter plot of maximum utilization factor of transformer and linear regression model

분석 결과, 부동률 1.25 기준의 전체 조사단지의 설치된 변압기용량의 평균값은 685[kVA]이었으나, 부동률 1.75 기준으로 조정시 변압기용량의 평균값은 480[kVA]로 축소 조정할 수가 있었고, 약 42.7% 감소하여 설치할 수가 있었다.

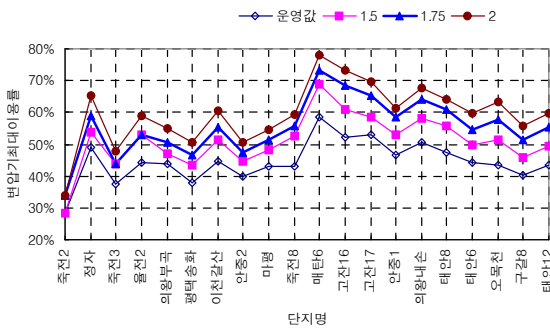


그림 5. 부동률 조정에 따른 변압기최대이용률의 비교

Fig. 5. The comparison of maximum utilization factor of transformer that adjusted the diversity factor

그림 5에서 보는 바와 같이 부동률을 1.75의 제안값으로 조정하였을 때의 변압기최대이용률이 2008년도

실제 운영값에 비해 약 10% 증가하였지만, 변압기의 여유는 45% 정도 있는 것으로 분석되었다.

따라서, 국민임대아파트의 부하 특성을 고려하고 합리적인 전력용변압기의 관리를 위해서 설계 단계시에 적용되는 부동률을 1.75로 조정하는 것이 바람직한 것으로 판단된다.

5. 결론

본 연구에서는 임대아파트 20개 단지를 대상으로 전력소비 특성을 고려하여 특징파라미터를 분석하였고, 회귀분석을 통하여 경향을 확인하였다. 주요 연구 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 조사 단지의 '08년 변압기최대이용률의 평균값은 45.3%로 분석되었으며, 설치되어 있는 변압기 용량의 여유가 매우 높은 것으로 판단된다. 전력용 변압기의 손실 발생 등을 고려할 경우 변압기의 설계에 필요한 여러 가지 계수를 종합적으로 검토할 필요가 있다고 사료된다.
- 2) 조사 단지의 준공이후 운전기간을 고려하여 5년간의 최대수요전력 증가현황을 토대로 단지별 변압기최대이용률의 증가율을 분석한 결과, 평균값은 21.5%로 분석되었다.
- 3) 조사된 단지의 설계단계에서 적용된 최대수요전력 값을 기준으로 변압기최대이용률을 분석한 평균값은 96.71%로 나타났으며, 실제 운영값의 평균값 45.3%에 비교하면 약 2배가 초과하는 최대수요전력을 설계 단계시에 반영한 것으로 분석되었다. 따라서 설계 단계에 적용된 변압기용량 산정에 필요한 수용률과 부동률 및 단위세대 부하용량 등에 대하여 종합적인 검토가 필요한 것으로 사료된다.
- 4) 임대아파트 단지의 전력용 변압기를 합리적으로 운영하도록 하기 위해서 부동률 적용 기준을 현행 1.25에서 1.75로 조정하는 경우, 변압기용량을 약 42.7% 감소하여 설치할 수가 있었고, 2008년도 실제 운영값과 비교할 경우 약 45%의 여유가 있는 것으로 판단된다.

전력용변압기의 용량을 산정하는데 있어서 수용률, 부동률, 단위세대의 부하용량은 매우 중요한 기준이므로 부하 용도 및 건물의 용도 특성 등을 고려한 기준에 대한 체계적인 검토가 요구된다.

References

- [1] 서승관 외, 임대아파트의 전력소비특성을 고려한 변압기 최대이용률 분석과 단위세대의 부하용량 적용 개선에 관한 연구, 조명전기설비학회지, Vol. 24, No. 2, pp.127-132, 2010.
- [2] 주택 건설기준 등에 관한 규정 제40조(전기시설), 1998. 8.27.
- [3] 대한전기협회, 내선규정전문위원회, 최신개정판, 『내선규정』, pp.783~785, 2010.2.
- [4] 대한주택공사, 『전기·정보통신 설계기준』, 대한주택공사, 2008.
- [5] 김세동 외, 일반용전력사용고객 용도별 부하특성을 고려한 변압기최대이용률 비교 특성 연구, 조명전기설비학회지, Vol. 23, No. 12, pp.217-223, 2009.

◆ 저자소개 ◆



서승관(徐承寬)

1974년 2월 5일생. 2000년 한국기술교육대학교 전기공학과 졸업. 2010년 한국기술교육대학교 산업기술공학과 졸업(석사). 1999~2004년 한국승강기안전기술원 근무. 2006년~현재 한국토지주택공사 경기지역본부.



오용택(吳龍澤)

1958년 6월 17일생. 1980년 숭실대학교 전기공학과 졸업. 1982년 연세대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1987년 연세대학교 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1979~1991년 한국전력공사 근무. 1987년 한국전력공사 정보처리처 과장 역임. 1991년~현재 한국기술교육대학교 정보기술공학부 전기전공 교수. 2007년 호주 퀸스랜드 대학교 방문 연구원.



김세동(金世東)

1956년 3월 3일생. 1981년 한양대학교 전기공학과 졸업. 1986년 한양대학교 대학원 졸업(석사). 2000년 서울시립대 전기전자공학부 대학원 졸업(박사). 한국전력공사(1979~1984년) 근무. 한국건설기술연구원(1984~1997년 2월) 수석 연구원 역임. 현재 두원공과대학 전기과 교수. 건축전기설비기술사회 회장. 본 학회 부회장. 스마트그리드전기설비연구회 위원장.



신화영(辛華詠)

1950년 8월 17일생. 2005년 서울시립대학교 대학원 전자전기공학과 졸업(석사). 2009년 조선대학교 전기공학과 박사과정. 한국전력기술인협회 처장. 관심분야 : 전기설비설계, 진단



유상봉(庾相鳳)

1954년 10월 26일생. 1980년 부산대학교 전기공학과 졸업. 1999년 한양대학교 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1979~1997년 기술사(건축전기설비, 발송배전, 전기응용, 전기안전, 소방). 1998년~현재 용인송담대학 조명엔지니어링과 교수(조명, 전기설비 전공). 본 학회 부회장. 관심분야 : 조명, 전기설비설계, 전력설비 진단



이진(李眞)

1964년 8월 11일생. 1987년 연세대학교 의용공학과 졸업. 1990년 서울시립대학교 전자공학과 졸업(석사). 1999년 서울시립대학교 전자공학과 졸업(박사). 1997년 3월~1999년 8월 한려대학교 의공학과. 2003년 1월~2004년 1월 : 보스턴대학 Neuro Muscular Research Center 박사 후 연수. 1999년 9월~현재 강원대학교 제어계측공학과 교수. 관심분야 : 생체 신호 처리