

산업용전력사용고객의 최대전력 예측에 의한 변압기용량 산정에 관한 연구

(Recommended Practice for the Assessment of Transformer Capacity by the Forecasting of Peak Power in Industrial Customers)

김세동* 신화영

(Se-Dong Kim*, Hwa-Young Shin)

Abstract

Contract power conversion factor which is applied to estimate contract power of industrial customers is an important standard to calculate transformer capacity. This paper shows a reasonable contract power conversion 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 industrial customers as to AMR system. 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 the linear and nonlinear regression analysis. Therefore, this paper compared characteristics for a contract power conversion factor which is applied to calculate contract power with characteristics for a regression model for customers which maximum utilization factor of transformer is more than 60%.

1. 서론

산업용전력사용고객에 있어서 산업용시설의 기능이 점차 고도 정보화됨에 따라 전기 소비가 급격히 증가하고 있다. 이와 같은 전력다소비 산업체에서 전력의 효율적 이용에 의한 에너지 절감은 물론 전기에너지의 이용 합리화 촉진이 요구되고 있다.

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

대한전기협회에서 제정한 '내선규정'에서 전등 및 소형전기기계기구에 대해서 건축물의 종류에 따라 수용률을 제시하고 있다[2].

본 연구에서는 일반용 고객 중 사무실빌딩의 수

용가 138개소를 선정하였고, AMR(자동검침시스템) 시스템에 의해 각 수용가의 계약전력과 최근 5년 동안의 최대전력을 조사하였다. 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 분석하였다. 산업용전력사용고객의 계약전력 결정에 필요한 계약전력환산율의 회귀분포형 특성과 변압기최대이용률이 60% 이상인 고객을 중심으로 분석한 회귀분석모형과의 특성을 비교하여 제시하였다.

2. 전력 수용 특성 고찰

2.1 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, 전력용 변압기의 과다 설계가 지적된다.

본 연구에서는 수용률/부등률에 대한 실태를 분석하고자 하였으나, 고객이 보유하고 있는 총부하설비용량의 추정에 대한 신뢰도가 매우 낮아 수용률/부등률에 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 전력용 변압기 용량 산정에 매우 중요하며, 계약전력환산율의 특성 이해에도 매우 중요한 변수이다.

2.2 계약전력환산율

계약전력은 계약상 사용할 수 있는 최대전력을 말하며, 전기공급약관상의 계약전력은 전력수급에 있어서 고객측에서는 전기를 사용할 권리와 전기사업자의 전기공급 의무의 상한을 정하는 것으로 전력수급 양자에게 있어서 중요한 의의와 지표를 제시하는 기준으로서 전기공급시 공급전압, 전기요금 및 고객공사비를 결정하는 기본 요소이다.

이와 같은 계약전력의 산정에 관한 기준은 약관 제19조(계약전력 결정기준) 및 제20조(계약전력 산정)에서 제시되어 있다[1].

(1) 사용설비에 의한 계약전력은 사용설비 개별 입력의 합계에 표 1의 계약전력 환산율을 곱한 것으로 한다. 이 때 사용설비 용량이 입력과 출력으로 함께 표시된 경우에는 표시된 입력을 적용하고, 출력만 표시된 경우에는 세칙에서 정하는 바에 따라 입력으로 환산하여 적용하도록 정하고 있다.

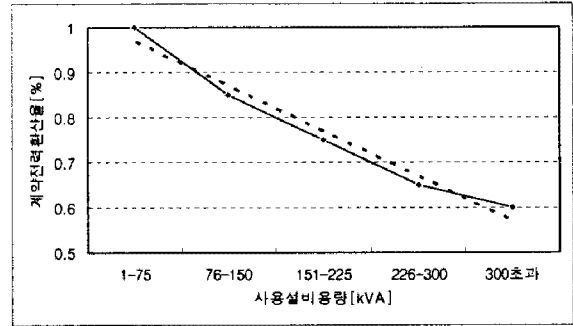
(2) 변압기 설비에 의한 계약전력은 한전에서 전기를 공급받는 1차 변압기 표시 용량의 합계(1kVA를 1kW로 본다)로 하는 것을 원칙으로 정하고 있다.

그리고, 그림 1은 표 1의 사용설비용량 구간별 계약전력환산율 값과 회귀분석모형을 나타낸 것이다.

표 1. 계약전력환산율 기준

| 구분 | 계약전력 환산율 | 비고 |
|----------------|----------|--|
| 처음 75kW에 대하여 | 100% | 계산의 합계치 단수가 1kW 미만일 경우에는 소숫점 이하 첫째 자리에서 반올림한다. |
| 다음 75kW에 대하여 | 85% | |
| 다음 75kW에 대하여 | 75% | |
| 다음 75kW에 대하여 | 65% | |
| 300kW 초과분에 대하여 | 60% | |

다만, 사용설비 1개의 입력이 75kW를 초과하는 것이 있을 경우에는 초과 사용설비의 개별 입력이 제일 큰 것부터 하나씩 계약전력환산율을 100%부터 60%까지 차례로 적용하고, 나머지 사용설비의 입력 합계에는 하나씩 적용한 계약전력 환산율이 끝나는 다음 환산율부터 차례로 적용한다.



[주] 점선은 1차 회귀분석 모형임.

그림 1. 사용설비용량 구간별 계약전력 환산율 값과 회귀 모형

3. 내선규정 자료 검토

대한전기협회에서 제정한 내선규정에서 전등 및 소형전기기계구에 대해서 수용률 기준을 표 2와 같이 제시하고 있다[2]. 그러나, 동력부하 및 특수부하(OA 부하, 전산부하 등)에 대한 수용률 기준은 제시된 자료가 없다.

표 2. 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. 일본의 계약전력 결정을 위한 압축계수

일본은 전기공급약관상 계약종별로 계약전력 결정을 위한 압축계수를 적용하여 계약전력을 산정하도록 되어 있으며[4], 고압전력에 대해서 살펴본다. 고압전력은 사용전압 6,000V를 말하며, 계약전력이 50kW 이상이고, 2,000kW 미만인 것을 대상으로 한다. 여기에서는 농사용전력을 대상으로 계약수전설비의 총용량과 계약부하설비의 총입력과 합계에 다음의 계수를 곱한 값으로 한다.

| | |
|----------------|-----|
| 처음 50kW에 대하여 | 80% |
| 다음 50kW에 대하여 | 70% |
| 다음 200kW에 대하여 | 60% |
| 다음 300kW에 대하여 | 50% |
| 600kW 초과분에 대하여 | 40% |

4. 변압기최대이용률의 특징파라미터 및 회귀분석이론을 이용한 분석

4.1 전체 조사고객의 적용 실태 분석

전기공급약관에서 정하는 계약종별 중 산업용전력을 사용하는 고객(기계, 전기전자, 제지, 식품, 시멘트, 냉동, 플라스틱, 섬유, 기타 산업) 349개소를 대상으로 하였으며, 단순확률 추출법에 의해 표본을 추출하여 분석하였다. 표 2는 조사 고객의 변압기최대이용률 분석 결과를 나타낸 것이며, 변압기최대이용률의 평균값이 61%, 표준편차가 23%로 분석되었고, 고객이 보유하고 있는 전력용 변압기에 여유율이 높은 것으로 지적된다.

표 2. 산업용고객의 변압기최대이용률 적용실태 분석

| 항 목 | 최대값 | 최소값 | 평균값 | 표준편차 | 중앙값 | 데이터 건수 |
|--------------|-----|-----|-------|-------|-----|--------|
| 계약전력 [kW] | 800 | 50 | 253.3 | 121.5 | 250 | 349 |
| 변압기최대 이용률[%] | 100 | 6 | 61 | 23 | 57 | |

그림 2는 조사 고객의 변압기최대이용률에 대한 산점도와 회귀 모형을 나타낸 것이며, 부하 특성이 다양한 고객으로부터의 특징적인 경향을 찾을 수가 없었다. 그리고, 계약전력과 변압기 최대이용률과의 상관 관계도 매우 낮은 것으로 나타났다.

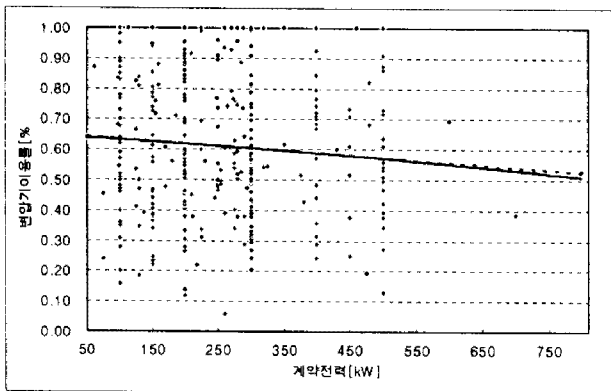


그림 2. 변압기최대이용률 산점도와 회귀모형

4.2 변압기최대이용률이 60% 이상이고 계약전력 500kW 이하인 전체 고객의 실태분석

앞에서 검토한 바와 같이 산업용 고객 349개소의 분석 결과 계약전력 환산율과의 관계성이 매우 낮

은 것으로 확인하였다. 그래서, 계약전력환산율을 고려하여 변압기최대이용률이 60% 이상이며, 계약전력 500kW 이하인 161개소 고객을 대상으로 분석하였다.

표 3은 161개소 산업용 고객에 대한 변압기최대이용률의 분석 결과이다. 변압기최대이용률의 평균값이 82%, 표준편차가 14%로 분석되었다. 이와 같은 고객들은 변압기용량에 대하여 합리적으로 운용되고 있는 것으로 판단된다.

그림 3은 조사 고객의 변압기 최대이용률에 대한 산점도와 회귀모형을 나타낸 것이며, 회귀모형에 의하면 계약전력이 작을수록 변압기최대이용률의 평균값이 85%까지 높게 나타났고, 계약전력이 클수록 변압기최대이용률이 77%까지 낮아지는 경향을 확인할 수 있었다. 그러나, 그림 1의 특성과는 관계성이 낮은 것으로 판단된다.

4.3 변압기최대이용률이 60% 이상이고 계약전력 500kW 이하인 기계분야 산업체고객의 실태 분석

변압기최대이용률이 60% 이상이며, 계약전력 500kW 이하인 기계분야 산업체 고객 61개소를 대상으로 분석하였다.

표 3. 변압기최대이용률이 60% 이상인 산업용 고객의 적용실태 분석

| 항 목 | 최대값 | 최소값 | 평균값 | 표준편차 | 중앙값 | 데이터 건수 |
|--------------|-----|-----|-------|-------|-----|--------|
| 계약전력 [kW] | 500 | 100 | 245.7 | 113.1 | 225 | 161 |
| 변압기최대 이용률[%] | 100 | 60 | 82 | 14 | 81 | |

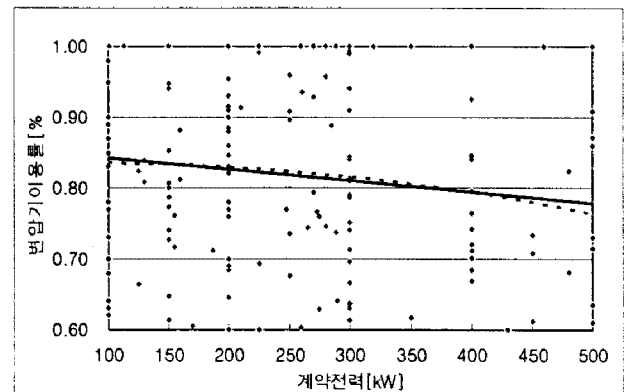


그림 3. 변압기최대이용률이 60% 이상인 고객의 산점도와 회귀모형

표 4는 61개소 기계분야 산업용 고객에 대한 변압기최대이용률의 분석 결과이다. 변압기최대이용률의 평균값이 80%로 분석되었다. 이와 같은 고객들은 변압기용량에 대하여 합리적으로 운용되고 있는 것으로 판단된다.

표 4. 변압기최대이용률이 60% 이상인 기계분야 산업용 고객의 적용실태 분석

| 항 목 | 최대값 | 최소값 | 평균값 | 데이터건수 |
|--------------|-----|-----|-----|-------|
| 계약전력 [kW] | 500 | 97 | 226 | 61 |
| 변압기최대 이용률[%] | 100 | 60 | 80 | |

그림 4는 조사 고객의 변압기 최대이용률에 대한 산점도와 회귀모형을 나타낸 것이며, 회귀모형에 의하면 계약전력이 작을수록 변압기최대이용률의 평균값이 75%까지 작게 나타났고, 계약전력이 클수록 변압기최대이용률이 93%까지 높아지는 경향을 확인할 수 있었다.

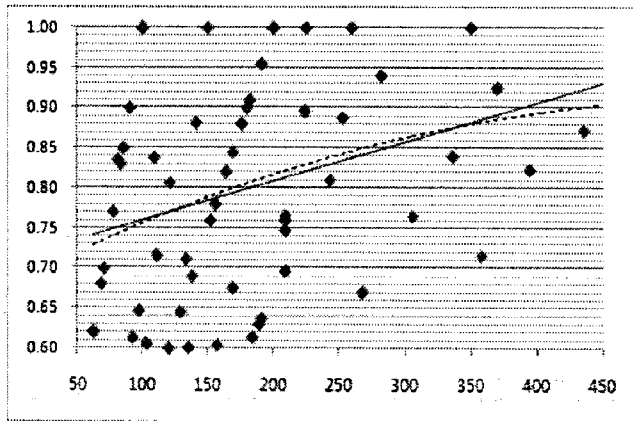


그림 4. 변압기최대이용률이 60% 이상인 기계분야 산업용고객의 산점도와 회귀모형

5. 결 론

본 연구에서는 산업용고객 수용가 349개소를 대상으로 전력소비 특성을 고려하여 특징파라미터를 분석하였고, 회귀분석을 통하여 경향을 확인하였다. 이를 토대로 산업용고객의 계약전력 결정에 필요한 계약전력환산율의 특성과 변압기최대이용률이 60% 이상인 고객을 중심으로 분석한 회귀분석 모형과의 특성을 비교하였다. 주요 연구 결과를 요

약하면 다음과 같다.

1) 실태조사 결과, 349개소 산업용 고객의 변압기 최대이용률의 평균값이 61%, 표준편차가 23%로 분석되었고, 고객이 보유하고 있는 전력용 변압기에 여유율이 높은 것으로 지적된다.

2) 계약전력환산율을 고려하여 변압기최대이용률이 60% 이상이며 계약전력 500kW 이하인 161개소 고객을 대상으로 분석한 결과, 변압기최대이용률의 평균값이 82%, 표준편차가 14%로 분석되었다. 이와 같은 고객들은 변압기용량에 대하여 합리적으로 운용되고 있는 것으로 판단된다. 그러나, 계약전력환산율과의 관계성은 낮은 것으로 판단된다.

3) 계약전력환산율을 고려하여 변압기최대이용률이 60% 이상이며 계약전력 500kW 이하인 61개소 기계분야 산업용 고객에 대하여 분석한 결과, 변압기최대이용률의 평균값이 80%로 분석되었다. 이와 같은 고객들은 변압기용량에 대하여 합리적으로 운용되고 있는 것으로 판단된다.

계약전력 산정 방법에서 적용되는 계약전력환산율은 전력용변압기의 용량을 산정하는데 매우 중요한 기준이므로 산업용 전기사용고객의 특성을 고려한 계약종별 기준에 대한 체계적인 검토가 요구된다.

References

- [1] 김세동, 유상봉, 산업용전력사용고객의 변압기 최대이용률과 계약전력환산율에 관한 연구, Vol.22, No.6, pp.44-49, 2008
- [2] 전기공급약관, 한국전력공사, 2009
- [3] 대한전기협회, 내선규정전문위원회, 최신개정판, 내선규정, 2008
- [4] 일본 전기공급약관, 동경전력(주), 2007