Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers Vol. 22, No.6, pp. 44~49 June 2008

논문 22-6-7

산업용전력사용고객의 변압기최대이용률과 계약전력환산율에 관한 연구

(A Study on Characteristics for a Contract Power Conversion Factor and Analysis of a Maximum Utilization Factor of Transformer in Industrial Customers)

김세동* · 유상봉

(Se-Dong Kim · Sang-Bong Yoo)

요 약

계약전력 산정 방법에서 적용되는 계약전력 환산율은 전력용변압기의 용량을 산정하는데 매우 중요한 기준이다. 본 연구에서는 AMR(자동검침시스템) 시스템에 의해 산업용전력사용고객을 대상으로 각 수용가 계약전력과 최근 5년 동안의 최대전력을 조사하였다. 조사된 자료의 전체 특징과 중심적인 경향을 알아 보기 위해서 평균값 등의 특징파라메터를 분석하였고, 회귀분석을 통한 선형적인 방법과 비선형적인 방법으로 그 경향을 분석하였다. 따라서 산업용고객의 계약전력 결정에 필요한 계약전력환산율의 특성과 변압기최대이용률이 60[%] 이상인 고객을 중심으로 분석한 회귀분석 모형과의 특성을 비교하였다.

Abstract

Contract power conversion factor which is applied to estimate contract power of industrial customers is an important standard to caculate 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 349 industrial customers as to AMR. 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, minimun and thus it was carried by 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[%].

Key Words : Contract Power Conversion Factor, Maximum Utilization Factor of Transformer, Transformer Capacity

---

* 주저자 : 두원공과대학 전기과 교수
Tel : 031-670-7167, Fax : 031-670-7161
E-mail : kimse@doowon.ac.kr
접수일자 : 2008년 3월 13일
1차심사 : 2008년 3월 18일
심사완료 : 2008년 4월 14일

1. 서 론

전기공급약관은 전기사업법 제16조(전기의 공급약관)에 의거 전기의 공급자인 일반전기사업자와 전기의 사용자인 고객, 즉 전력수급 양자간의 전기 사용에 관한 권리 의무 관계를 정하고 있는 부합 계약이다. 이 전기공급약관은 전기공급사와 전기사용자간에 사용 계약 조건이 되며, 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 기본요소이다.

그러나 계약전력 산정 방법에서 적용되는 계약전력 환산율은 전력용변압기의 용량을 산정하는데 매우 중요한 기준으로 적용되고 있으나 전기사용 고객의 특성, 부하 용도 특성 등을 고려하지 않고 총괄적인 기준으로만 제시되어 사용되고 있다.

현재에 이르러 수요측의 부하설비가 양적으로 질적으로 크게 증가되었으며, 전기사용설비도 복합화, 다양화되어 수요측의 전기사용 산업구조가 크게 변화되었으므로 수요자의 수용률, 부등률 등 전기사용 형태를 조사하여 계약전력 결정에 반영함으로써 전기요금과 신증설 전기공사비 부담에 신뢰성과 공평성 확보에 기여할 수 있도록 연구 검토의 필요성이 요청되고 있다[1-4].

본 연구에서는 산업용전력 사용고객(기계, 전기전자, 제지, 식품, 시멘트, 냉동, 플라스틱, 섬유, 기타 산업) 349개소를 선정하였고, AMR(자동검침시스템)에 의해 각 수용가의 계약전력과 최근 5년 동안의 최대전력을 조사하였다. 조사된 자료의 전체 특징과 중심적인 경향을 알아 보기 위해서 평균값, 표준편차, 최대값, 최소값, 중앙값 등의 특징파라메터를 분석하였고, 회귀분석을 통한 선형적인 방법과 비선형적인 방법으로 그 경향을 분석하였다. 산업용 고객의 계약전력 결정에 필요한 계약전력환산율의 회귀분모형 특성과 변압기최대이용률이 60[%] 이상인 고객을 중심으로 분석한 회귀분석모형과의 특성을 비교하여 제시하였다.

2. 변압기최대이용률과 계약전력 환산율 고찰

2.1 변압기최대이용률

변압기최대이용률이란 고객이 보유하고 있는 변압기 시설용량에 대한 최대수요전력과의 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 실태까지를 분석하지 않았다. 반면에 변압기최대이용률은 고객의 전력소비특성에 대한 정보를 정확하게 취득할 수 있고, 이것은 총부하설비용량과 계약전력과는 매우 깊은 관계를 가지고 있고 비례적인 특성을 가지고 있기 때문이다. 따라서 변압기최대이용률의 파라미터는 적정한 전력용변압기 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 전기공급약관 제19조(계약전력 결정기준) 및 제20조(계약전력 산정)에서 제시되어 있다[1].

(1) 사용설비에 의한 계약전력은 사용설비 개별입력의 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 입

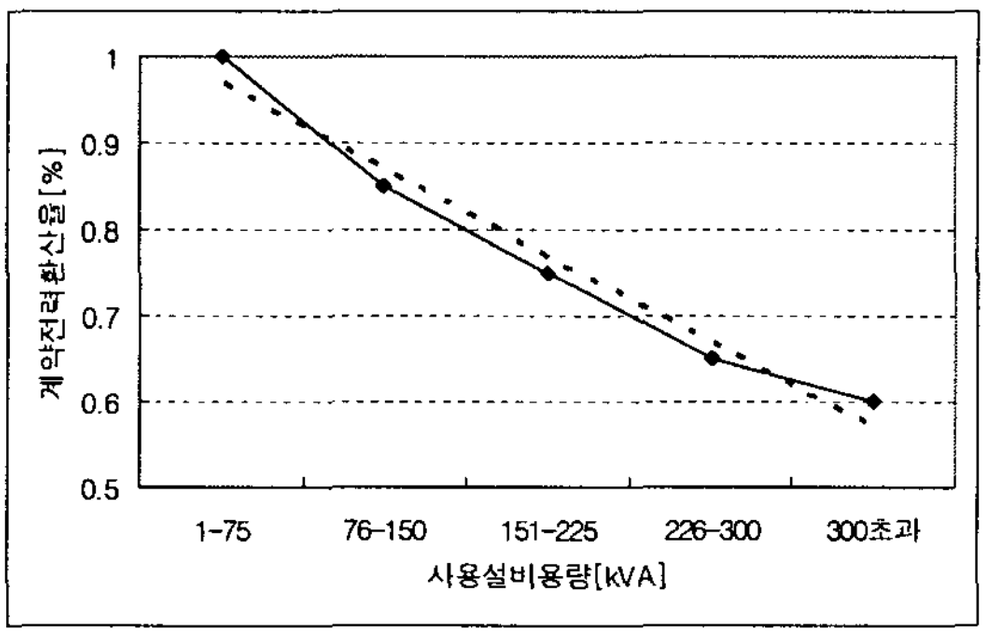
력으로 환산하여 적용하도록 정하고 있다.

표 1. 계약전력환산율 기준
Table 1. Criteria of contract power conversion factor

구 분	계약전력 환산율	비 고
처음 75[kW]에 대하여	100[%]	계산의 합계치 단수가 1[kW] 미만일 경우에는 소숫점 이하 첫째 자리에서 반올림한다.
다음 75[kW]에 대하여	85[%]	
다음 75[kW]에 대하여	75[%]	
다음 75[kW]에 대하여	65[%]	
300[kW] 초과분에 대하여	60[%]	
다만, 사용설비 1개의 입력이 75[kW]를 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.		

(2) 변압기 설비에 의한 계약전력은 전기사업자로부터 전기를 공급받는 1차 변압기 표시 용량의 합계(1[kVA]를 1[kW]로 본다)로 하는 것을 원칙으로 정하고 있다.

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



(주) 점선은 1차 회귀분석 모형임.

그림 1. 사용설비용량 구간별 계약전력 환산율 값과 회귀모형
Fig. 1. Value of contract power conversion factor by a section of electric power capacity and regression model

3. 일본의 계약전력 결정을 위한 압축계수

일본은 전기공급약관상 계약종별로 계약전력 결정을 위한 압축계수을 적용하여 계약전력을 산정하도록 되어 있다[5].

1) 고압전력

사용전압 6,000[V]를 말하며, 계약전력이 50[kW] 이상이고, 2,000[kW] 미만인 것을 대상으로 한다. 여기에서는 농사용전력을 대상으로 계약수전설비의 총용량과 계약부하설비의 총입력과의 합계에 다음의 계수를 곱한 값으로 한다.

처음 50[kW]에 대하여	80[%]
다음 50[kW]에 대하여	70[%]
다음 200[kW]에 대하여	60[%]
다음 300[kW]에 대하여	50[%]
600[kW] 초과분에 대하여	40[%]

2) 저압전력

동력을 사용하는 수요이고, 계약전력이 50[kW] 미만인 수용가를 대상으로 계약전력은 계약부하설비의 입력에 대하여 각각 다음 ①의 계수를 곱한 값의 합계에 ②의 계수를 곱한 값으로 한다.

① 계약부하설비

최대 입력의 것으로부터	최초 2대의 입력에 대하여	100[%]
	다음 2대의 입력에 대하여	95[%]
	상기 이외의 것의 입력에 대하여	90[%]

② ①에서 얻은 값의 합계

최초의 6[kVA]에 대하여	100[%]
다음의 14[kVA]에 대하여	90[%]
다음의 30[kVA]에 대하여	80[%]
50[kVA]를 초과하는 부분에 대하여	70[%]

3) 종량전등 C

전등 또는 소형 기기를 사용하는 수요이고, 계약용량은 계약부하설비의 총용량에 다음과 같은 승률

을 곱한 것으로 한다.

처음 6[kVA]에 대하여	95[%]
다음 14[kVA]에 대하여	85[%]
다음 30[kVA]에 대하여	75[%]
50[kVA]를 초과분에 대하여	65[%]

4. 회귀분석이론을 이용한 변압기 최대이용률 실태분석

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.

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

표 2. 산업용고객의 변압기최대이용률 적용실태 분석
Table 2. The present states of a maximum utilization factor of transformer in industrial customers

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	

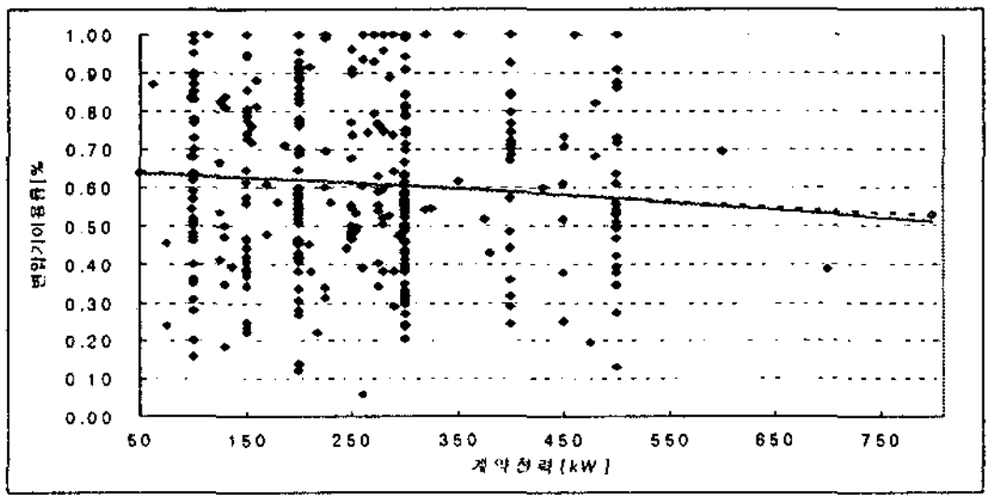


그림 2. 변압기최대이용률 산점도와 회귀모형
Fig. 2. Scatter plot of maximum utilization factor of transformer and linear regression model

4.2 변압기최대이용률이 60[%] 이상이고 계약전력 500[kW] 이하인 고객의 실태분석

앞에서 검토한 바와 같이 일반용 고객 349개소의 분석 결과 계약전력 환산율과의 관계성이 매우 낮은 것으로 확인하였다. 그래서 계약전력환산율을 고려하여 변압기최대이용률이 60[%] 이상이며, 계약전력 500[kW] 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.

표 3. 변압기최대이용률이 60[%] 이상인 산업용 고객의 적용실태 분석
Table 3. The present states of a maximum utilization factor of transformer more than 60[%]

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	

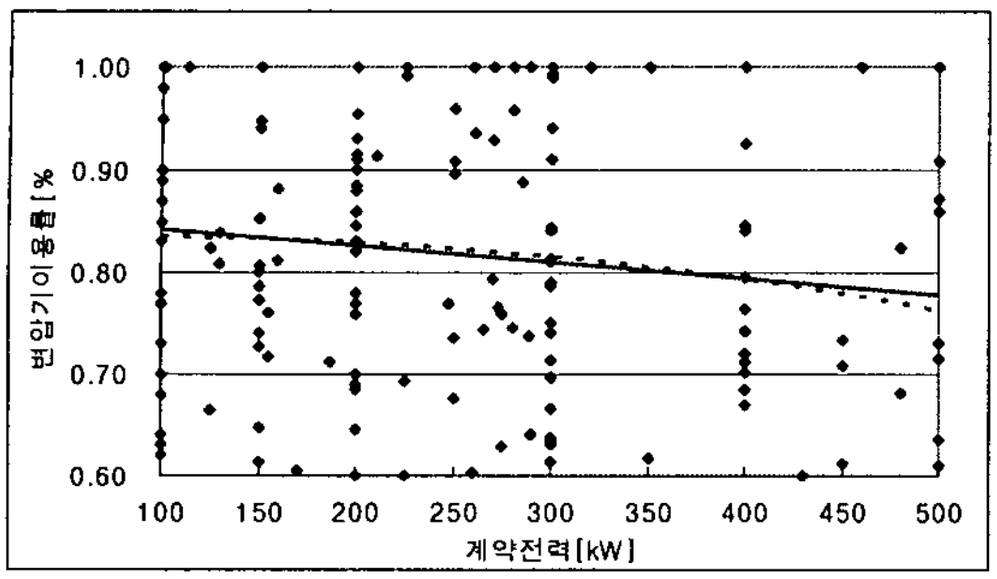


그림 3. 변압기최대이용률이 60[%] 이상인 고객의 산점도와 회귀모형
Fig. 3. Scatter plot of maximum utilization factor of transformer more than 60[%] and linear regression model

4.3 산업용전력사용고객의 종류별, 계약전력 구간별 최대값을 기준으로 한 실태분석

161개소의 산업용전력사용고객 중에서 고객의 용도별(기계, 전기전자, 제지, 식품, 시멘트, 냉동, 플라스틱, 섬유, 기타 산업), 계약전력 구간별로 가장 큰 '변압기최대이용률'만을 대상으로 분석하였다.

그림 4는 산업용고객 중에서 식품산업 고객에 대한 변압기최대이용률 값과 고객 산업용도별 변압기최대이용률값에 대한 평균값, 그리고 고객 산업용도별 가장 큰 '변압기최대이용률' 값을 기준으로 나타낸 그래프 특성이다. 전체적인 경향이 그림 1의 경향과도 기울기면에서 차이가 있음을 확인할 수 있다.

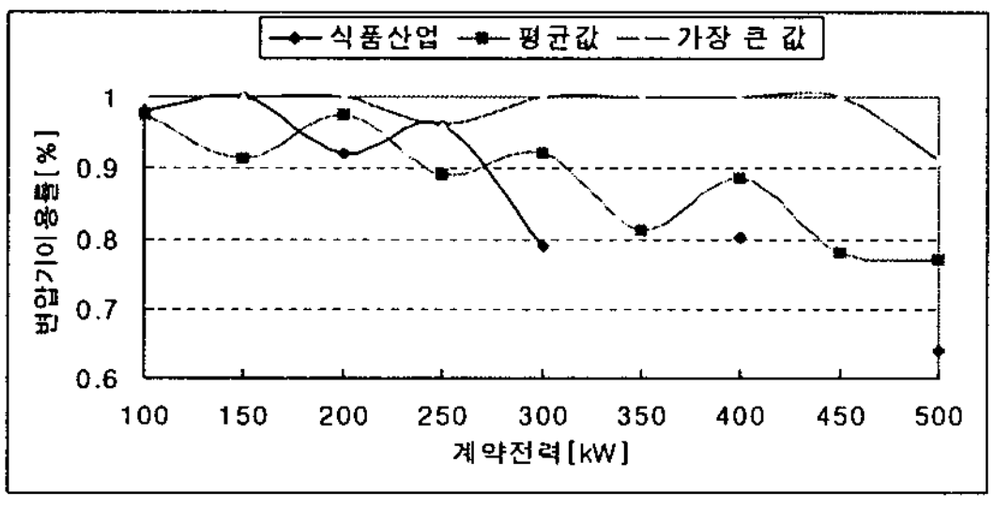


그림 4. 산업용도별 평균값과 가장 큰 값과의 그래프를 통한 경향 분석
Fig. 4. The trend analysis on the average value by industrials and the largest value by a section of contract power

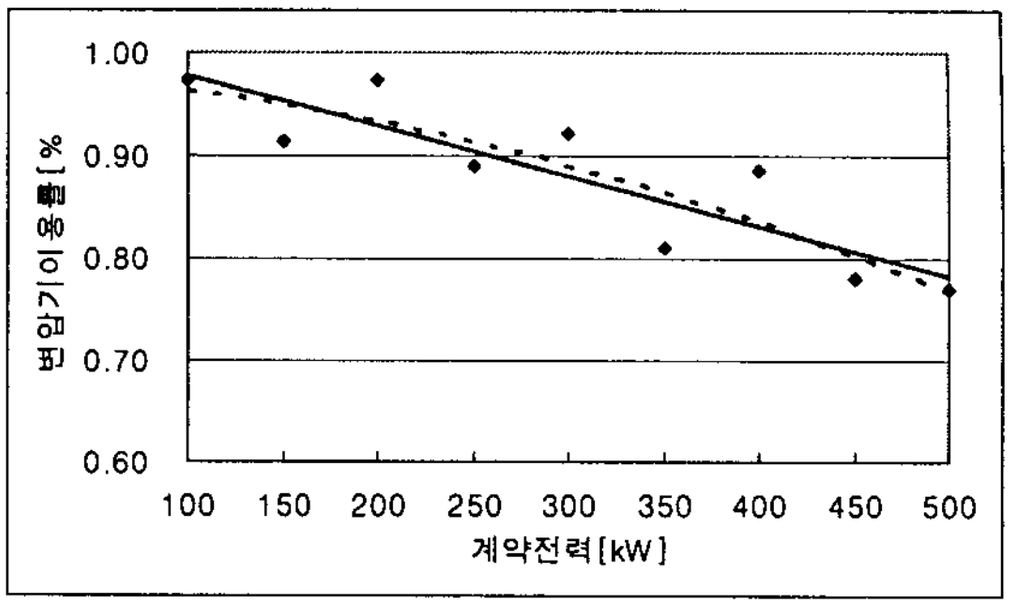


그림 5. 계약전력 구간별 평균값에 대한 회귀 모형
Fig. 5. Linear regression model on the average value by a section of contract power

그림 5는 그림 4의 평균값에 대한 회귀모형을 나타낸 것으로 1차 선형 회귀모형(실선)과 2차 비선형 회귀모형(점선)이 거의 같은 결과를 확인할 수가 있었고, 계약전력이 작을수록 변압기최대이용률이 97[%]까지 높게 나타났고, 계약전력이 클수록 변압기 최대이용률이 77[%]까지 낮아지는 경향을 확인할 수 있었다.

따라서 전기공급약관에서 정하고 있는 계약전력환산율의 회귀모형 경향과 기울기 면에서 차이가 있음을 확인할 수 있다.

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 요약하면 다음과 같다.

1) 실태조사 결과, 349개소 산업용 고객의 변압기최대이용률의 평균값이 61[%], 표준편차가 23[%]로 분석되었고, 고객이 보유하고 있는 전력용 변압기에 여유율이 높은 것으로 지적된다.
2) 계약전력환산율을 고려하여 변압기최대이용률이 60[%] 이상이며 계약전력 500[kW] 이하인 161개소 고객을 대상으로 분석한 결과, 변압기

최대이용률의 평균값이 82[%], 표준편차가 14[%]로 분석되었다. 이와 같은 고객들은 변압기용량에 대하여 합리적으로 운용되고 있는 것으로 판단된다. 그러나 계약전력환산율과의 관계성은 낮은 것으로 판단된다.

3) 산업용 고객 중에서 고객의 용도별(기계, 전기전자, 제지, 식품, 시멘트, 냉동, 플라스틱, 섬유, 기타 산업), 계약전력 구간별로 가장 큰 변압기 최대이용률만을 대상으로 분석한 결과, 전기공급약관에서 정하고 있는 계약전력 환산율의 회귀모형의 경향과 기울기 면에서 차이가 있음을 확인할 수 있다.

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

References

〔1〕 전기공급약관, 한국전력공사, 2007.
〔2〕 김세동, 업무용빌딩의 전력소비특성을 고려한 수용률/부등률의 적용에 관한 연구, 한국조명전기설비학회, Vol.16, No.6, pp.74-79, 2002.
〔3〕 김세동 외, 병원용건물의 부하종별 전력소비특성 분석 및 수용률기준 정립에 관한 연구, 한국조명전기설비학회, Vol.21, No.6, pp.77-84, 2007.
〔4〕 대한전기협회, 내선규정전문위원회, 최신개정판, 내선규정, 2007.
〔5〕 일본 전기공급약관, 동경전력(주), 2007.

◇ 저자소개 ◇

김세동 (金世東)
1956년 3월 3일생. 1980년 한양대학교 전기공학과 졸업. 1986년 동대학원 졸업(석사). 2000년 서울시립대 전기전자공학부 대학원 졸업(박사). 1979~1984년 한국전력공사 근무. 1984~1997년 2월 한국건설기술연구원 수석연구원 역임. 현재 두원공과대학 전기과 교수. 건축전기설비기술사. 본 학회 총무이사.
관심분야 : 전력설비 진단 및 DSP, 최적 전기설비설계

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 조명인테리어과 교수(조명, 전기설비 전공). 본 학회 이사.
관심분야 : 조명, 전기설비설계, 전력설비 진단