

일반용전력사용고객 용도별 부하특성을 고려한 변압기최대이용률 비교 특성 연구

(A Study on Characteristic for a Maximum Utilization Factor of Transformer with Regard
to Load Characteristics in General Customers)

왕용필* · 홍현문 · 김세동**

(Yong-Peel Wang · Hyun-Mun Hong · Se-Dong Kim)

요 약

계약전력 산정 방법에서 계약전력 환산율은 전력용변압기의 용량을 산정하는데 매우 중요한 기준이다. 본 연구에서는 AMR(자동검침시스템) 시스템에 의해 일반용전력사용고객(사무실, 상가, 호텔, 병원, 음식점, 기타)을 대상으로 각 수용가의 계약전력과 최근 5년 동안의 최대전력을 조사하였다. 조사된 자료의 전체 특징과 중심적인 경향을 알아 보기 위해서 평균값 등의 특징파라미터를 분석하였고, 회귀분석을 통한 선형적인 방법과 비선형적인 방법으로 그 경향을 분석하였다. 계약전력환산율과는 용도별로 다른 특성을 나타내고 있음을 확인하였으며, 전기사용고객의 특성을 고려한 계약종별 기준에 대한 체계적인 검토가 필요하다.

Abstract

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 461 general 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, minimum 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 estimate contract power with characteristics for a regression model for customers (office, store, hotel, hospital, wedding hall) which maximum utilization factor of transformer is more than 60[%].

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

* 교신저자 : 한국전기산업연구원 선임연구원

** 주저자 : 두원공과대학 전기과 교수

E-mail : kimse@doowon.ac.kr

Tel : 031-8056-7167, Fax : 031-8056-7161,

접수일자 : 2009년 10월 16일

1차심사 : 2009년 10월 16일

심사완료 : 2009년 10월 26일

1. 서 론

일반적으로 건물 신축시 기본설계 단계에서 부하 용도별 부하밀도를 고려하여 총부하설비용량을 산정하게 된다. 이를 토대로 전기공급사와 전기사용에

관한 계약전력을 결정하게 된다.

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[1].

본 연구에서는 일반용전력사용고객(사무실, 상가, 호텔, 병원, 음식점 외) 수용가 461개소를 선정하였고, AMR(Automatic Meter Reading : 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 특징과 파라미터를 분석하였고, 회귀분석을 통한 선형적인 방법과 비선형적인 방법으로 그 경향을 분석하였다. 또한, 일반용고객의 계약전력 결정에 필요한 계약전력환산율의 회귀모형 특성과 변압기최대이용률이 60[%] 이상인 사무실, 상가, 호텔, 병원, 음식점용도의 고객을 대상으로 분석한 회귀분석모형과의 특성을 비교하였다.

2. 변압기최대이용률과 계약전력환산율 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, 설치한 전력용 변압기의 과다 용량이 지적된다.

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, 변압기최대

이용률의 파라미터는 적절한 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.

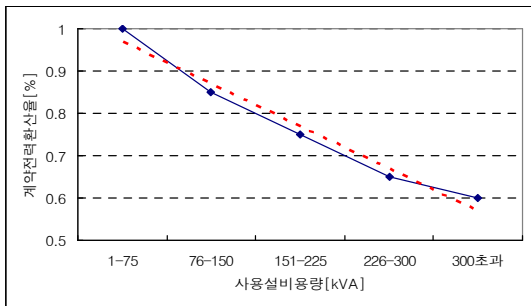
이와 같은 계약전력의 산정에 관한 기준은 약관 제19조(계약전력 결정기준) 및 제20조(계약전력 산정)에서 제시되어 있다[1].

(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.

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 일반전기사업 자로부터 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 회귀 모형

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 압축계수를 적용하여 계약전력을 산정하도록 되어 있다[2].

3.1 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[%]

3.2 중량전등 C

전등 또는 소형 기기를 사용하는 수요이고, 계약용량은 계약부하설비의 총용량에 다음과 같은 승수를 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. 전체 조사고객의 회귀분석이론을 이용한 변압기최대이용률 특성 분석

전기공급약관에서 정하는 계약종별 중 일반용전력을 사용하는 고객(사무실, 상가, 호텔, 병원, 음식점, 기타 용도 빌딩)을 461개소를 대상으로 하였으며, 단순확률 추출법에 의해 표본을 추출하여 분석하였다. 표 2는 조사 고객의 변압기최대이용률 분석 결과를 나타낸 것이며, 변압기최대이용률의 평균값이 55[%], 표준편차가 20[%]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 변압기 최대이용률과의 상관 관계도 매우 낮은 것으로 나타났다[3].

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

항 목	최대값	최소값	평균값	표준편차	중앙값	데이터 건수
계약전력 [kW]	15,150	75	600.6	1412	300	461
변압기최대 이용률[%]	100	7	55	20	53	

일반용전력사용고객 용도별 부하특성을 고려한 변압기최대이용률 비교 특성 연구

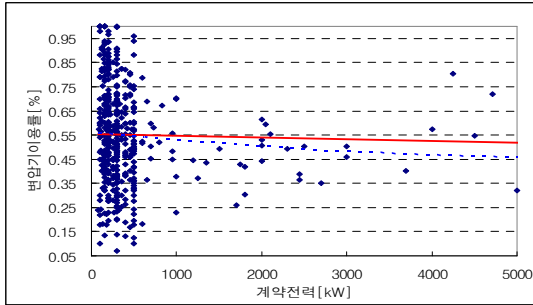


그림 2. 변압기최대이용률 산점도와 회귀모형
Fig. 2. Scatter plot of maximum utilization factor of transformer and linear regression model

5. 조사고객 용도별 회귀분석이론을 이용한 변압기최대이용률 특성 분석

5.1 변압기최대이용률이 60[%] 이상이고 계약전력 500[kW] 이하인 사무실고객의 회귀모형 분석

계약전력환산율을 고려하여 변압기최대이용률이 60[%] 이상이며, 계약전력 500[kW] 이하인 사무실 용도의 44개소 고객을 대상으로 분석하였다.

표 3은 44개소 사무실 용도의 일반용전력사용고객에 대한 변압기최대이용률의 분석 결과이다. 변압기최대이용률의 평균값이 76[%], 표준편차가 11[%]로 분석되었다. 이와 같은 고객들은 변압기용량에 대하여 합리적으로 운용되고 있는 것으로 판단된다.

표 3. 변압기최대이용률이 60[%] 이상인 사무실용도 고객에 대한 특성 분석

Table 3. The present states of a maximum utilization factor of transformer more than 60[%] in office consumers

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

그림 3은 조사 고객의 변압기 최대이용률에 대한 산점도와 회귀모형을 나타낸 것이며, 회귀모형에 의하면 계약전력이 작을수록 변압기최대이용률의 평균값이 80[%]까지 높게 나타났고, 계약전력이 클수록 변압기최대이용률이 70[%]까지 낮아지는 경향을 보이고 있고, 그림 1의 계약전력환산율 특성과는 차이가 있음을 확인하였다.

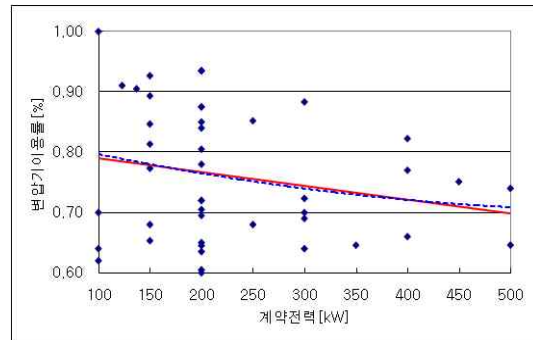


그림 3. 변압기최대이용률이 60[%] 이상인 사무실용도 고객의 산점도와 회귀모형
Fig. 3. Scatter plot of maximum utilization factor of transformer more than 60[%] and linear regression model

5.2 변압기최대이용률이 60[%] 이상이고 계약전력 500[kW] 이하인 상가용도고객의 회귀모형 분석

계약전력환산율을 고려하여 변압기최대이용률이 60[%] 이상이며, 계약전력 500[kW] 이하인 상가용도의 58개소 고객을 대상으로 분석하였다. 표 4는 상가용도고객에 대한 변압기최대이용률의 분석 결과이다. 변압기최대이용률의 평균값이 78[%], 표준편차가 13[%]로 분석되었다. 이와 같은 고객들은 변압기용량에 대하여 합리적으로 운용되고 있는 것으로 판단된다.

그림 4는 조사 고객의 변압기 최대이용률에 대한 산점도와 회귀모형을 나타낸 것이며, 회귀모형에 의하면 계약전력이 작을수록 변압기최대이용률의 평균값이 85[%]까지 높게 나타났고, 계약전력이 클수록 변압기최대이용률이 67[%]까지 낮아지는 경향을 보이고 있다.

표 4. 변압기최대이용률이 60[%] 이상인 상가용도 고객에 대한 특성 분석

Table 4. The present states of a maximum utilization factor of transformer more than 60[%] in store consumers

항 목	최대값	최소값	평균값	표준편차	증양값	데이터 건수
계약전력[kW]	500	100	259.3	115.9	200	
변압기최대 이용률[%]	100	60	78	13	75	58

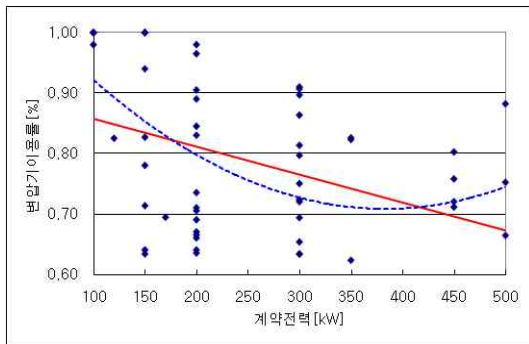


그림 4. 변압기최대이용률이 60[%] 이상인 상가용도 고객의 산점도와 회귀모형

Fig. 4. Scatter plot of maximum utilization factor of transformer more than 60[%] and linear regression model

그림 1의 계약전력환산율 특성과는 차이가 있음을 확인하였다.

5.3 변압기최대이용률이 60[%] 이상이고 계약전력 500[kW] 이하인 호텔용도고객의 회귀모형 분석

계약전력환산율을 고려하여 변압기최대이용률이 60[%] 이상이며, 계약전력 500[kW] 이하인 호텔용도의 13개소 고객을 대상으로 분석하였다.

표 5는 호텔용도고객에 대한 변압기최대이용률의 분석 결과이다. 변압기최대이용률의 평균값이 76[%], 표준편차가 13[%]로 분석되었다. 이와 같은 고객들은 변압기용량에 대하여 합리적으로 운용되고 있는 것으로 판단된다.

그림 5는 조사 고객의 변압기 최대이용률에 대한

산점도와 회귀모형을 나타낸 것이며, 회귀모형에 의하면 계약전력이 작을수록 변압기최대이용률의 평균값이 77[%]까지 높게 나타났고, 계약전력이 클수록 변압기최대이용률이 74[%]까지 낮아지는 경향을 보이고 있고, 그림 1의 계약전력환산율 특성과는 차이가 있음을 확인하였다.

표 5. 변압기최대이용률이 60[%] 이상인 호텔용도 고객에 대한 특성 분석

Table 5. The present states of a maximum utilization factor of transformer more than 60[%] in hotel consumers

항 목	최대값	최소값	평균값	표준편차	증양값	데이터 건수
계약전력[kW]	500	140	258.8	118.7	225	
변압기최대 이용률[%]	100	64	76	13	71	13

5.4 변압기최대이용률이 60[%] 이상이고 계약전력 500[kW] 이하인 병원용도고객의 회귀모형 분석

계약전력환산율을 고려하여 변압기최대이용률이 60[%] 이상이며, 계약전력 500[kW] 이하인 6개소 병원용도고객을 대상으로 분석하였다.

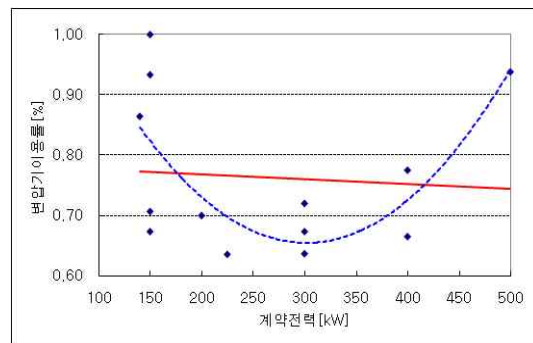


그림 5. 변압기최대이용률이 60[%] 이상인 호텔용도 고객의 산점도와 회귀모형

Fig. 5. Scatter plot of maximum utilization factor of transformer more than 60[%] and linear regression model

일반용전력사용고객 용도별 부하특성을 고려한 변압기최대이용률 비교 특성 연구

표 6은 6개소 병원용도고객에 대한 변압기최대이용률의 분석 결과이다. 변압기최대이용률의 평균값이 72%, 표준편차가 10[%]로 분석되었다. 이와 같은 고객들은 변압기용량에 대하여 합리적으로 운용되고 있는 것으로 판단된다.

표 6. 변압기최대이용률이 60[%] 이상인 병원용도 고객에 대한 특성 분석

Table 6. The present states of a maximum utilization factor of transformer more than 60[%] in hospital consumers

항 목	최대값	최소값	평균값	표준편차	중앙값	데이터 건수
계약전력[kW]	450	100	225.2	133	200	6
변압기최대 이용률[%]	80	60	72	10	77	

그림 6은 조사 고객의 변압기 최대이용률에 대한 산점도와 회귀모형을 나타낸 것이며, 회귀모형에 의하면 계약전력이 작을수록 변압기최대이용률의 평균값이 78[%]까지 높게 나타났고, 변압기최대이용률이 클수록 62[%]까지 낮아지는 경향을 보이고 있고, 그림 1의 계약전력환산율 특성과는 차이가 있음을 확인하였다.

5.5 변압기최대이용률이 60[%] 이상이고 계약전력 500[kW] 이하인 예식장용도고객의 회귀모형 분석

계약전력환산율을 고려하여 변압기최대이용률이 60[%] 이상이며, 계약전력 500[kW] 이하인 10개소 예식장용도 고객을 대상으로 분석하였다.

표 7은 10개소 일반용전력사용고객에 대한 변압기 최대이용률의 분석 결과이다. 변압기최대이용률의 평균값이 83[%], 표준편차가 13[%]로 분석되었다. 이와 같은 고객들은 변압기용량에 대하여 합리적으로 운용되고 있는 것으로 판단된다.

그림 8은 조사 고객의 변압기 최대이용률에 대한 산점도와 회귀모형을 나타낸 것이며, 회귀모형에 의하면 계약전력이 클수록 변압기최대이용률의 평균값이 82[%]에서 83[%]까지 증가하는 경향을 보이고

있고, 그림 1의 계약전력환산율 특성과는 차이가 있음을 확인하였다.

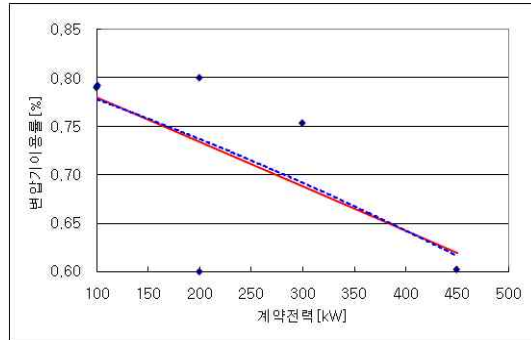


그림 6. 변압기최대이용률이 60[%] 이상인 병원용도 고객의 산점도와 회귀모형

Fig. 6. Scatter plot of maximum utilization factor of transformer more than 60[%] and linear regression model

표 7. 변압기최대이용률이 60[%] 이상인 예식장용도 고객에 대한 특성 분석

Table 7. The present states of a maximum utilization factor of transformer more than 60[%] in a wedding hall consumers

항 목	최대값	최소값	평균값	표준편차	중앙값	데이터 건수
계약전력[kW]	500	150	330	118.3	300	10
변압기최대 이용률[%]	100	67	83	13	83	

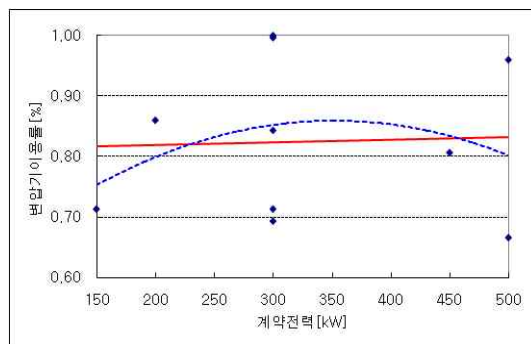


그림 7. 변압기최대이용률이 60[%] 이상인 예식장용도 고객의 산점도와 회귀모형

Fig. 7. Scatter plot of maximum utilization factor of transformer more than 60[%] and linear regression model

6. 결 론

본 연구에서는 일반용고객 수용가 461개소를 대상으로 전력소비 특성을 고려하여 특징파라미터를 분석하였고, 회귀분석을 통하여 경향을 확인하였다.

이를 토대로 일반용고객의 계약전력 결정에 필요한 계약전력환산율 특성과 변압기최대이용률이 60[%] 이상인 사무실, 상가, 호텔, 병원, 음식점 고객을 중심으로 분석한 회귀분석 모형과의 특성을 비교하였다. 주요 연구 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 실태조사 결과, 461개소 일반용전력사용고객의 변압기 최대이용률의 평균값이 55[%], 표준편차가 20[%]로 분석되었고, 고객이 보유하고 있는 전력용 변압기에 여유율이 높은 것으로 지적된다.
- 2) 계약전력환산율을 고려하여 변압기최대이용률이 60[%] 이상이며 계약전력 500[kW] 이하인 사무실용도의 44개소 고객을 대상으로 분석한 결과, 변압기최대이용률의 평균값이 76[%], 표준편차가 11[%]로 분석되었으나 그림 1의 계약전력환산율 특성과는 차이가 있음을 확인하였다.
- 3) 계약전력환산율을 고려하여 변압기최대이용률이 60[%] 이상이며 계약전력 500[kW] 이하인 상가용도의 58개소 고객을 대상으로 분석한 결과, 변압기최대이용률의 평균값이 78[%], 표준편차가 13[%]로 분석되었으나 그림 1의 계약전력환산율 특성과는 차이가 있음을 확인하였다.
- 4) 계약전력환산율을 고려하여 변압기최대이용률이 60[%] 이상이며 계약전력 500[kW] 이하인 호텔용도의 13개소 고객을 대상으로 분석한 결과, 변압기최대이용률의 평균값이 76[%], 표준편차가 13[%]로 분석되었으나 그림 1의 계약전력환산율 특성과는 차이가 있음을 확인하였다.
- 5) 계약전력환산율을 고려하여 변압기최대이용률이 60[%] 이상이며 계약전력 500[kW] 이하인 병원용도의 6개소 고객을 대상으로 분석한 결과, 변압기최대이용률의 평균값이 72[%], 표준편차가 10[%]로 분석되었으나 그림 1의 계약전력환산율 특성과는 차이가 있음을 확인하였다.
- 6) 계약전력환산율을 고려하여 변압기최대이용률

이 60[%] 이상이며 계약전력 500[kW] 이하인 음식점용도의 10개소 고객을 대상으로 분석한 결과, 변압기최대이용률의 평균값이 83[%], 표준편차가 13[%]로 분석되었으나 그림 1의 계약전력환산율 특성과는 차이가 있음을 확인하였다.

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

References

- [1] 전기공급약관, 한국전력공사, 2007.
- [2] 일본 전기공급약관, 동경전력(주), 2007.
- [3] 김세동, 왕용필, 일반용전력사용고객의 변압기최대이용률과 계약전력환산율 기준과의 비교특성 연구, 한국조명전기설비학회, Vol.22, No.5, pp.80-85, 2008.

◇ 저자소개 ◇

왕용필 (王龍泌)

1966년 8월 25일생. 1992년 동아대학교 전기공학과 졸업. 1994년 동대학원 전기공학과 졸업(석사). 1998년 동대학원 전기공학과 졸업(박사). 1999~2001년 뉴질랜드 캔터베리대학 전기공학과 Post-Doc. 2002~2008년 동아대학교 전기공학과 초빙교수. 현재 한국전기산업연구원 선임연구원.

관심분야 : 전력시스템, 전력품질, 전자기과도현상

홍현문 (洪鉉文)

1965년 11월 11일생. 1992년 충북대학교 전기공학과 졸업. 1994년 동대학원 전기공학과 졸업(석사). 2002년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1998~2005년 한중대학교 전기전자공학과 조교수. 2005년~현재 통일부 교류협력국 남북경협과.

관심분야 : 전력전자

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. 1984년~1997년 2월 한국건설기술연구원 수석연구원 역임. 현재 두원공과대학 전기과 교수. 건축전기설비기술사회 회장. 본 학회 총무이사. 스마트그리드전기설비연구회 위원장.

관심분야 : 전력설비 진단 및 DSP, 전기설비기술계산 해석